



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

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ООП/ОПОП: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике
и теплотехнике
Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции

УДК 681.51:628.83:697.921

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Криволапов Иван Иванович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Волков Роман Сергеевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

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

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



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

Школа: Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____Атрошенко Ю.К.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Криволапов Иван Иванович

Тема работы:

АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции	
Утверждена приказом директора ИШЭ	10.02.2023, № 41–34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2023 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом автоматизации является производственное помещение, снабженное системой приточно-вытяжной вентиляции
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы; 2. Описание объекта автоматизации; 3. Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации; 4. Разработка монтажной схемы внешних проводов; 5. Разработка схемы электрической соединений; 6. Разработка общего вида щита автоматизации; 7. Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества переходного процесса; 8. Разработка мнемосхемы АСР; 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 10. Социальная ответственность.

Перечень графического материала	1.Схема структурная АСР; 2.Схема функциональная АСР; 3.Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4.Схема электрическая соединений; 5.Перечень элементов электрической схемы; 6.Схема монтажная внешних проводок; 7.Общий вид щита автоматизации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Ст. преподаватель ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2023 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Волков Роман Сергеевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Криволапов Иван Иванович		

Инженерная школа энергетики
 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Уровень образования бакалавриат
 НОЦ И.Н. Бутакова
 Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5Б93	Криволапов Иван Иванович

Тема работы:

АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.23	Пояснительная записка	50
01.06.23	Чертежи	40
01.06.23	Презентационный материал	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Волков Роман Сергеевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Криволапов Иван Иванович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 13 рисунков, 31 таблицу, 24 источника.

Ключевые слова: приточно-вытяжная вентиляция, автоматическая система регулирования, пиролиз, расход воздуха, концентрация кислорода.

Объектом автоматизации является производственное помещение.

Цель работы: разработка АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции.

В процессе выполнения работы была проведена серия экспериментов с приточно-вытяжной вентиляцией, выбрана структура автоматической системы регулирования расхода воздуха системы вентиляции, подобраны технические средства автоматизации, разработаны функциональная схема, монтажная схема внешних проводок и электрическая схема, а также общий вид щита управления. Выполнена идентификация объекта автоматизации, рассчитаны настройки ПИ регулятора, а также определены прямые оценки качества переходного процесса

Итогом выпускной квалификационной работы является разработанная автоматическая система регулирования расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции, выполнен расчет ПИ регулятора на базе современных микропроцессорных средств автоматики.

Оглавление

Введение.....	11
1 Научно-исследовательская работа.....	12
1.1 Описание экспериментального стенда.....	13
1.2 Результаты проведенных исследований	15
1.3 Вывод по разделу.....	17
2 Системный анализ объекта автоматизации	18
3 Разработка структурной схемы.....	19
4 Разработка функциональной схемы АСР.....	21
5 Выбор приборов и средств автоматизации.....	23
5.1 Выбор измерительного преобразователя расхода.....	23
5.2 Выбор измерительного преобразователя концентрации.....	25
5.3 Выбор измерительного преобразователя температуры.....	26
5.4 Выбор контроллера	27
5.5 Выбор вентилятора.....	29
5.6 Выбор регулятора скорости вращения.....	29
5.7 Выбор нагревателя воздуха	30
5.8 Выбор регулятора мощности.....	30
6 Разработка монтажной схемы	31
7 Разработка схемы электрической соединений	34
7.1 Описание схемы электрической соединений	34
7.2 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов щита управления.	36
8 Составление перечня элементов щита управления.....	38

9	Разработка общего вида щита управления	38
10	Расчет параметров настройки регулятора.....	39
10.1	Идентификация объекта управления	40
11.2	Оценки качества переходного процесса	47
11	Разработка мнемосхемы.....	48
12	Финансовый менеджмент	51
12.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
12.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	51
12.1.2	Анализ конкурентоспособности технических решений	52
12.1.3	SWOT - анализ.....	53
12.2	Планирование научно-исследовательских работ	55
12.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	55
12.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	56
12.3	Бюджет научно-технического исследования.....	61
12.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	61
12.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	61
12.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	63
12.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей.....	65
12.3.5	Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления)...	65
12.3.6	Накладные расходы.....	65
12.4	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	66
12.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	66

12.6 Выводы по разделу	69
13 Социальная ответственность	72
13.1 Введение	72
13.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	73
13.3 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	74
13.4 Производственная безопасность	75
13.5 Экологическая безопасность	80
13.5.1 Воздействие на литосферу	80
13.5.2 Воздействие на атмосферу	81
13.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
Вывод по разделу	83
Заключение	85
Список использованных источников	86
Графический материал.....	На отдельных листах
ФЮРА.421000.012 С1 Схема структурная АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции	
ФЮРА.421000.012 С2 Схема функциональная АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции	
ФЮРА.421000.012 СО1 Заказная спецификация приборов и средств автоматизации	
ФЮРА.421000.012 Э4 Схема электрическая соединений щита автоматизации	
ФЮРА.421000.012 ПЭ4 Перечень элементов электрической схемы соединений	
ФЮРА.421000.012 С5 Монтажная схема соединений внешних проводок	
ФЮРА.421000.012 ВО Общий вид щита автоматизации	

Введение

Система вентиляции помещения важна для создания комфортных условий пребывания людей в помещении и поддержания их здоровья и безопасности. Автоматизация системы вентиляции необходима для эффективного управления ею, и сегодня она становится все более востребованной в различных организациях. Даже для частного жилья сегодня можно установить систему умного дома, включающую в себя принудительный воздухообмен в помещениях [1].

Современные автоматические системы управления вентиляцией состоят из широкого спектра технических устройств, начиная от простых термостатов и заканчивая сложными компьютеризированными модулями, которые способствуют более эффективному управлению и контролю над работой принудительных вентиляционных систем. Разнообразие оборудования позволяет решать задачи по автоматизации вентиляции на любых объектах, независимо от их характеристик и назначения. При этом, например, в случае задымления или возгорания такая система должна обеспечить благоприятные условия эвакуации персонала, продолжив свою работу как система принудительного дымо- и газоудаления [2].

Таким образом, целью данной работы является разработка АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции.

1 Научно-исследовательская работа

С увеличением плотности застройки жилых и коммерческих помещений вероятность возникновения пожаров растет, увеличивается количество небоскребов, используются новые материалы на базе нефтепродуктов и синтетических полимеров. С учетом этих факторов предлагаются новые системы пожаротушения для идентификации и локализации возгораний на ранних стадиях [3,4]. Не всегда представляется возможным идентифицировать, локализовать и подавить пожар на начальной стадии, вследствие чего необходимо увеличить время эвакуации для спасения людских жизней. Проведенные исследования [5] показали, что основной причиной гибели человека во время пожара является отравление токсичными газами. Одним из самых распространенных и в то же время токсичных газов во время пожаров является угарный газ (СО). Смертельная доза СО для человека при длительности 30 минут составляет около 2000 мг/м³. Во избежание летальных исходов в последние годы активно стали применять гибридную вентиляцию (пожарную), включающую естественную и механическую вентиляцию, работающую на минимальных скоростях для снижения задымления вредных газов и повышения времени возможной эвакуации, при интенсивном снижении концентрации кислорода во время пожаров. Так, например, в [6] смоделировано 63 случая задымления с варьированием таких параметров, как тепловыделение, коэффициент площади пожара и скорости подачи/выпуска вентиляции. Данные исследования показали, что температурные поля значительно меньше при гибридной вентиляции по сравнению с естественной.

Результаты исследований, приведенные выше целесообразно использовать для описания влияния вентиляции на разные стадии пожара в коммерческих и жилых зданиях для проектирования эффективной системы пожарной безопасности. Целью данной работы является установление влияния системы приточно-вытяжной вентиляции на концентрацию газов и

продуктов сгорания в помещении при пиролизе горючих материалов, относящихся к категории “А”.

1.1 Описание экспериментального стенда

Для определения характера влияния системы приточно-вытяжной вентиляции на концентрацию газовых компонентов в помещении при пиролизе материалов использован экспериментальный комплекс, внешний вид и схема которого представлены на рис. 1.

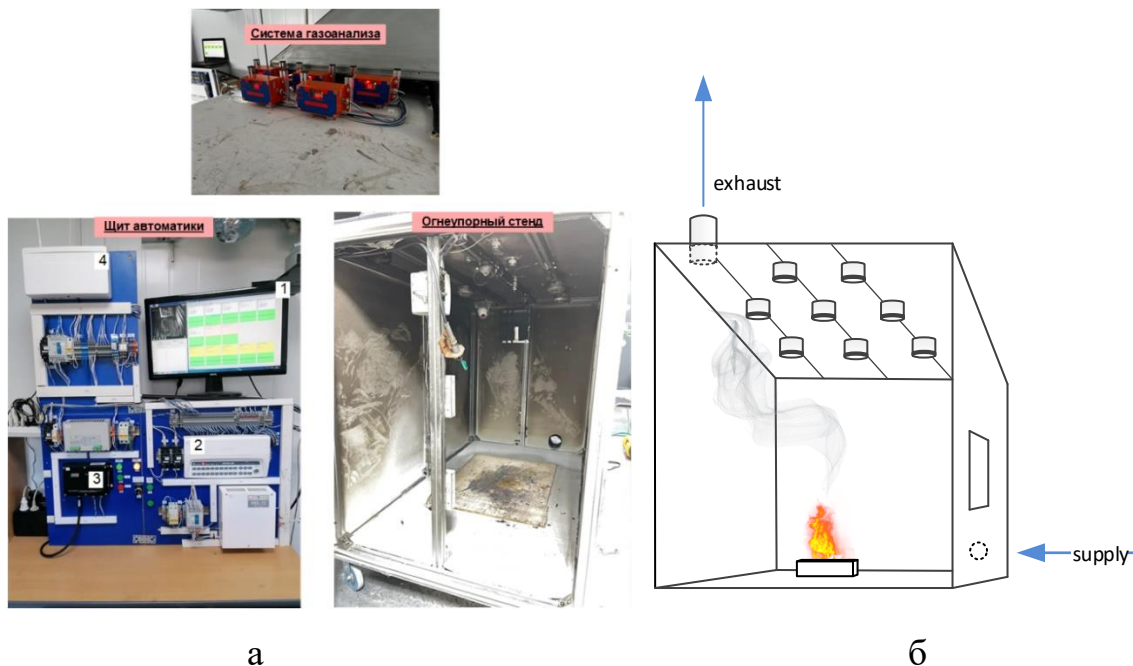


Рисунок 1 – Внешний вид (а) и схема (б) экспериментального комплекса: 1 – персональный компьютер; 2, 4 – устройство управления пожарной сигнализацией; 3 – Термоскоп-600-1С

Экспериментальный комплекс (рис. 1) состоит из огнеупорного стенда, щита автоматики, системы газоанализа, состоящей из пяти стационарных газоанализаторов типа «Сенсон-СВ-5023», а также персонального компьютера для записи информации. Стенд сделан в виде полого параллелепипеда с габаритными размерами $1.5 \times 1 \times 1.25$ м, грани которого выполнены из стекломгнезитового негорючего листа, прикрепленного к каркасу из алюминиевых балок. Стенд укомплектован группой пожарных извещателей: тепловыми, дымовыми и пламени. Дымовые пожарные извещатели

расположены в области воздушных потоков (в области приточной и вытяжной вентиляции). Для видеофиксации экспериментов внутри полости стенда размещена видеокамера, подключенная к ПК.

Система газоанализа "Сенсон-СВ-5023" используется для мониторинга состава воздушной среды и определения концентрации определенных газов. В состав системы входят датчики, которые измеряют концентрацию газов и передают данные на управляющее устройство. Сенсоры "Сенсон-СВ-5023" основаны на использовании инфракрасной спектроскопии и при помощи инфракрасных лучей можно определить концентрацию нескольких газов в воздухе. Состав сенсоров включает в себя оптическую систему, блок управления и блок измерения.

Использованы типичные для пожара категории "А" материалы (широко распространенные в жилых и производственных помещениях): картон, древесина, линолеум. Вес каждого модельного очага составлял 30 г. Инициирование горения модельного очага осуществлялось при использовании: (1) газовой горелки для имитации основной причина пожара – открытое пламя. Очаг выкладывался на металлический поддон, после чего разжигался равномерно по всей площади поверхности. Общее время розжига составляло около 60 с. Температура поверхности модельного очага регистрировалась при помощи промышленного пирометра Термоскоп-600-1С; (2) нагретой поверхности для имитации причины возгорания – нарушение эксплуатации нагревательных приборов.

Для исключения условий формирования опасных концентраций продуктов пиролиза, газификации и горения с разными типами вентиляции помещений реализовывались два режима: (1) при постоянной работе вентиляции во время эксперимента; (2) включение вентиляции после срабатывания хотя бы одного дымового датчика.

1.2 Результаты проведенных исследований

На рисунке 2 показаны графики изменения концентрации газов (O_2 , CO , CO_2) внутри полости экспериментального стенда (рисунок 1) при пиролизе и горении модельных очагов из древесины. При воспроизведении условий возгорания, вызванного неосторожным обращением с огнем. Концентрация CO в случае пиролиза модельного очага, состоящего из древесины после включения системы вентиляции после примерно 110 секунд практически не отличается от условий, когда вентиляция работала непрерывно. Однако внимание следует уделить концентрации O_2 и CO_2 . Если система вентиляции работает непрерывно с самого начала эксперимента, то концентрация CO_2 практически в два раза ниже, а концентрация O_2 на 0,3% выше, чем при использовании системы вентиляции, которая была включена после срабатывания одного дымового извещателя через 110 секунд после начала эксперимента. Система вентиляции в этом случае почти не влияет на определение момента возгорания с помощью сенсора CO (например, при пороге 20 мг/м^3). Качество воздуха внутри помещения (O_2 и CO_2) улучшается, что может сделать пребывание людей внутри помещения более безопасным, а также способствовать оперативной эвакуации людей в случае необходимости.

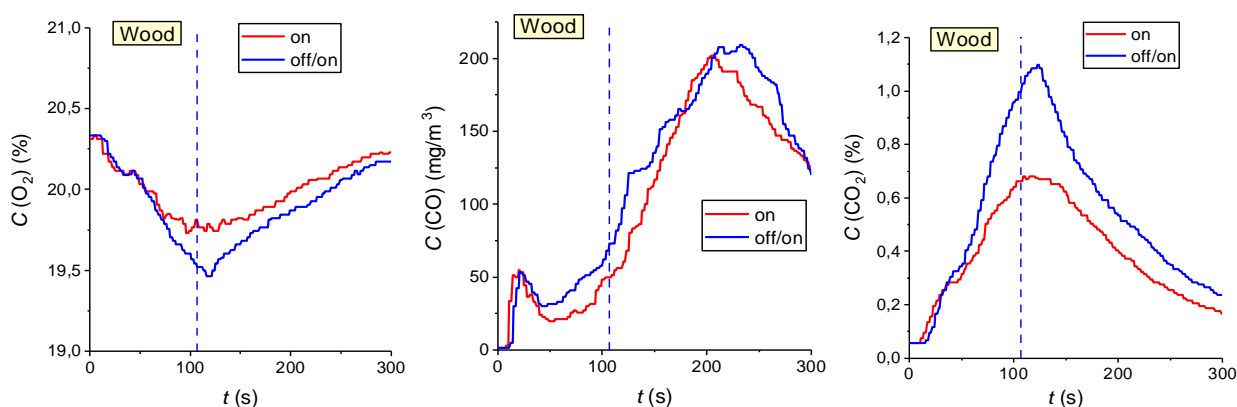


Рисунок 2 – Динамика изменения концентраций O_2 , CO , CO_2 для модельных очагов, состоящих из древесины, при воспроизведении случая неосторожного обращения с огнём (вертикальными линиями отмечен момент включения системы вентиляции)

На рис. 3 приведена динамика изменения концентраций газовых компонентов (O_2 , CO , CO_2) для модельных очагов, состоящих из картона, при воспроизведении случая неосторожного обращения с огнём. Как и в случае пиролиза модельного очага, состоящего из древесины (рис. 2), при пиролизе и горении картона (рис. 3) зарегистрирована аналогичная тенденция. Идентификация момента возгорания по показаниям сенсора CO (например, при пороге 20 мг/м^3) оправдана даже при постоянно работающей системе приточно-вытяжной вентиляции. При этом качество воздуха в помещении спустя около 100 с с момента начала возгорания также значительно лучше при постоянно работающей системе вентиляции, чем в случае, когда последняя включалась спустя около 110 с с момента возгорания. Через 200 с с момента начала горения модельного очага концентрация O_2 выше на 0.3%, концентрации CO и CO_2 ниже на 250 мг/м^3 и 0.4 %, соответственно.

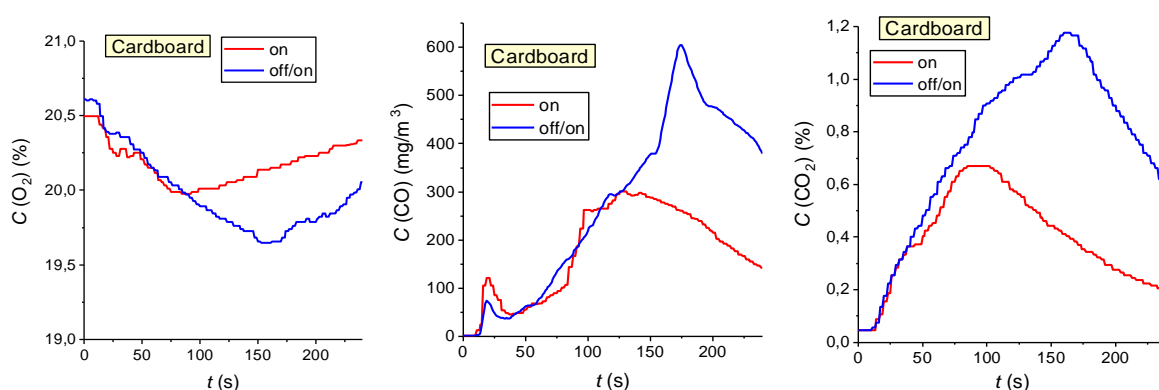


Рисунок 3 – Динамика изменения концентраций O_2 , CO , CO_2 для модельных очагов, состоящих из картона, при воспроизведении случая неосторожного обращения с огнём.

На рис. 4 приведена динамика изменения концентраций газовых компонентов (O_2 , CO , CO_2) для модельных очагов, состоящих из линолеума, при воспроизведении случая неосторожного обращения с огнём. При горении модельного очага из линолеума заметные отличия в концентрациях O_2 , CO и CO_2 при двух ранее рассмотренных режимах работы системы приточно-вытяжной вентиляции не зарегистрированы. Последнее обусловлено малыми по сравнению с модельными очагами, состоящими из древесины и картона

(рис. 2, 3), концентрациями газовых компонентов: концентрация CO в 4-10 раз ниже; концентрация CO₂ в 3-5 раз ниже.

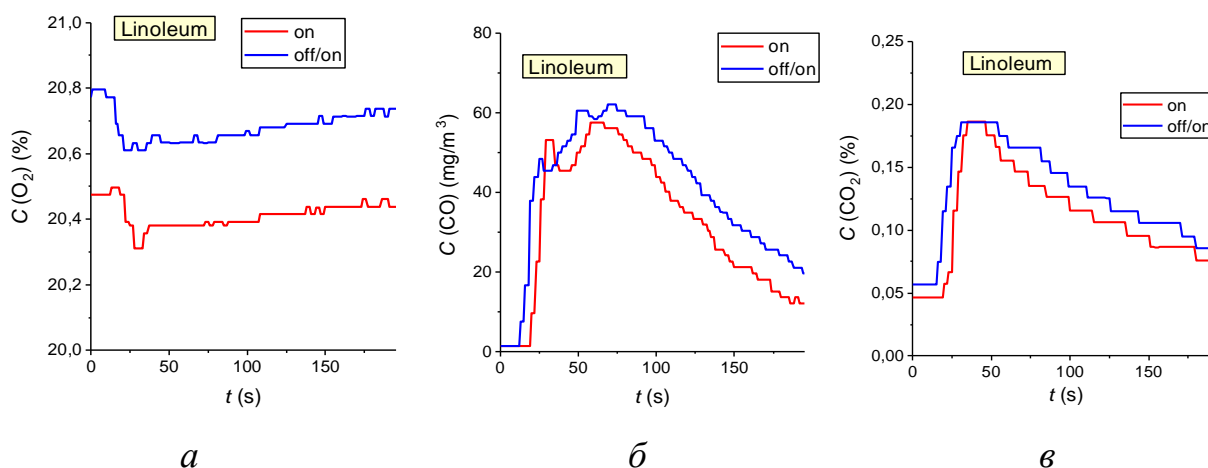


Рисунок 4 – Динамика изменения концентраций O₂, CO, CO₂ для модельных очагов, состоящих из линолеума, при воспроизведении случая неосторожного обращения с огнём

1.3 Вывод по разделу

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить важные закономерности, позволяющие оптимизировать работу вентиляционных систем для минимизации концентрации опасных продуктов термического разложения и продуктов сгорания в случае возгораний и пожаров. Идентификация момента возгорания по показаниям сенсора CO (например, при типичном пороге около 20 мг/м³) обоснована даже при постоянно работающей системе приточно-вытяжной вентиляции, а также при различных механизмах инициирования термического разложения горючих материалов. При воспроизведении в опытах случая неосторожного обращения с огнём постоянно работающая система приточно-вытяжной вентиляции приводит к улучшению качества воздуха в помещении (O₂ и CO₂), что может способствовать более безопасному нахождению людей в защищаемом помещении, а также эвакуации из него.

2 Системный анализ объекта автоматизации

Объект автоматизации - производственное помещение площадью 500 м².

Приточно-вытяжная вентиляция является системой, которая контролирует и задает характеристики двух разных потоков воздуха, отличающихся по составу и назначению. Ее основная функция заключается в обеспечении принудительной циркуляции воздуха. Однако, система также имеет дополнительные функции, включающие охлаждение и подогрев воздуха, ионизацию и увлажнение воздуха, а также обеззараживание и фильтрацию воздуха. Такие вспомогательные подсистемы позволяют создавать комфортные и безопасные условия для людей, находящихся в помещении/

Одними из главных принципов работы системы приточно-вытяжной вентиляции являются ее эффективность и экономичность. Такая система имеет несколько преимуществ, включая высокую степень очистки входного потока, доступность обслуживания и эксплуатации съемных элементов и целостность и модульность конструкции [7].

Регулирование расхода воздуха – часть процесса наладки систем вентиляции, выполняется при помощи специального регулятора частоты воздушного вентилятора, регулирование температуры, в свою очередь, осуществляется путем изменения мощность калорифера. Регулирование расхода и температуры воздуха в системах вентиляции позволяет обеспечить требуемый приток свежего воздуха и оптимальную температуру.

Целью управления процессом является поддержка оптимального значения концентрации кислорода и температуры внутри помещения. Расход и мощность калорифера можно стабилизировать или изменять для достижения цели управления процессом. Уменьшение расхода приводит к снижению скорости движения воздуха по помещению, а, следовательно, к уменьшению концентрации кислорода, увеличение расхода воздуха приводит к обратному результату. Уменьшение мощности электрокалорифера приводит к снижению температуры в помещении, увеличение мощности - повышает температуру.

К регулируемым параметрам относятся расход воздуха и мощность нагревателя. Контролируемыми параметрами являются концентрация кислорода и температура внутри производственного помещения. В таблице 1 приведен список регулируемых и контролируемых параметров.

Таблица 1 – Список регулируемых и контролируемых параметров

Регулируемые параметры	Контролируемые параметры
Расход воздуха, (0-2050 м ³ /ч)	Концентрация кислорода, (18-24 %)
Мощность нагревателя, (0-3000 Вт)	Температура помещения, (15...30 °С)
	Температура после нагревателя, (0...45 °С)

3 Разработка структурной схемы

Структурная схема автоматической системы регулирования (АСР) представляет собой схему, состоящую из звеньев (элементов) и связей между ними. При разработке АСР необходимо особо учитывать способ регулирования технологического параметра, который определяется преимущественно связями между звеньями системы и формируемым законом регулирования. При рассмотрении возможных вариантов структурной схемы автоматической системы регулирования важно учитывать особенности конкретного технологического процесса. На рис. 5 представлена структурная схема автоматизированной системы регулирования расхода воздуха.

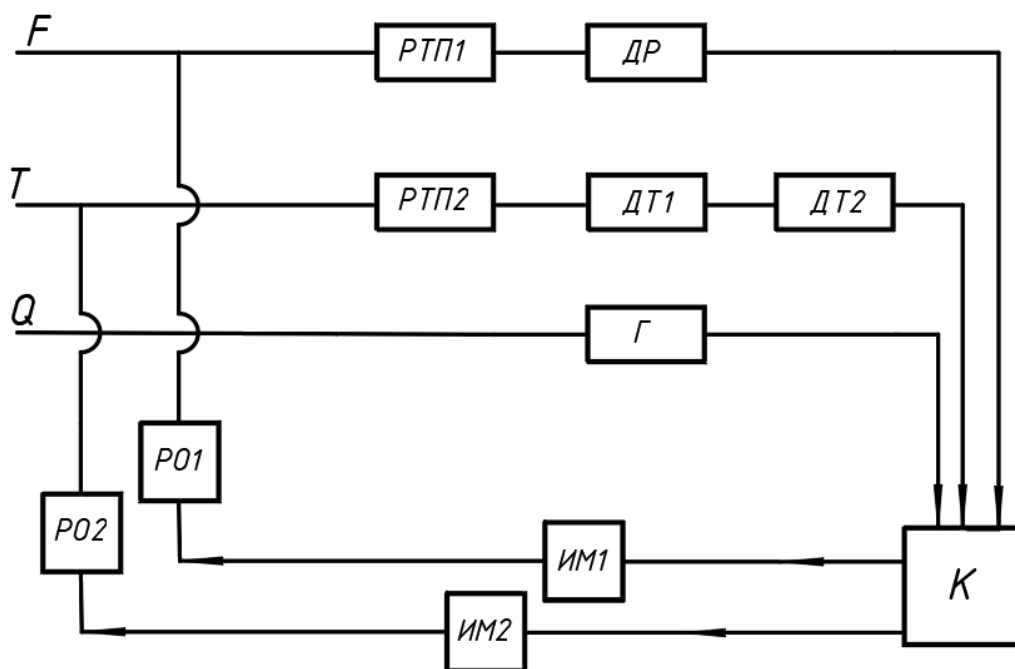


Рисунок 5 – Структурная схема автоматизированной системы регулирования расхода воздуха

В текущей структурной схеме применяются следующие обозначения: F – расход, м³/ч; T – температура, °С; Q – концентрация O₂, %; РТП – регулируемый технологический параметр (1- расход, 2- температура); ДР – датчик расхода; ДТ1,2 – датчики температуры; К – контроллер; ИМ – исполнительный механизм (1 -вентилятор, 2 - электрокалорифер); РО – регулирующий орган (1 – частотный преобразователь, 2 – регулятор мощности)

Процесс регулирования расхода воздуха в системе вентиляции протекает при непрерывно изменяющемся значении концентрации кислорода и температуры внутри помещения. Стабилизировать расход воздуха на заданном значении можно посредством изменения частоты вращения вентилятора, значение температуры – регулятором мощности электрокалорифера, в зависимости от отклонения значений концентрации кислорода и температуры внутри помещения от заданных. Процесс регулирования системы вентиляции может быть разделен на пять этапов.

Первый этап - получение информации о заданных значениях расхода воздуха и температуры в помещении. Второй этап - измерение фактических значений параметров. Третий этап - определение отклонения фактических значений от заданных. Четвертый этап - установление требуемого изменения в зависимости от величины и знака отклонения. Пятый этап - изменение значений регулируемых параметров с помощью изменения частоты вращения вентилятора и мощности калорифера.

Разработанная структурная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.012 С1.

4 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональная схема является важным инструментом для объяснения процессов, происходящих в функциональных цепях изделия. На этой схеме отображаются функциональные части изделия, такие как элементы, устройства и функциональные группы, а также связи между ними. Графическое представление схемы должно наглядно демонстрировать последовательность функциональных процессов, происходящих в изделии.

В процессе разработки функциональной схемы необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть порядок построения функциональной схемы автоматического регулирования;
- определить функциональные элементы системы управления;
- определить принцип работы устройства;
- установить объект регулирования, регулируемые, возмущающие и управляющие воздействия в рассматриваемой системе;
- найти функциональный блок, служащий исполнительным устройством;
- определить, что в системе послужит датчиками и задающим устройством;
- свести все блоки в единую функциональную схему.

На рисунке 6 представлен фрагмент разработанной функциональной

схемы АСР расхода воздуха.

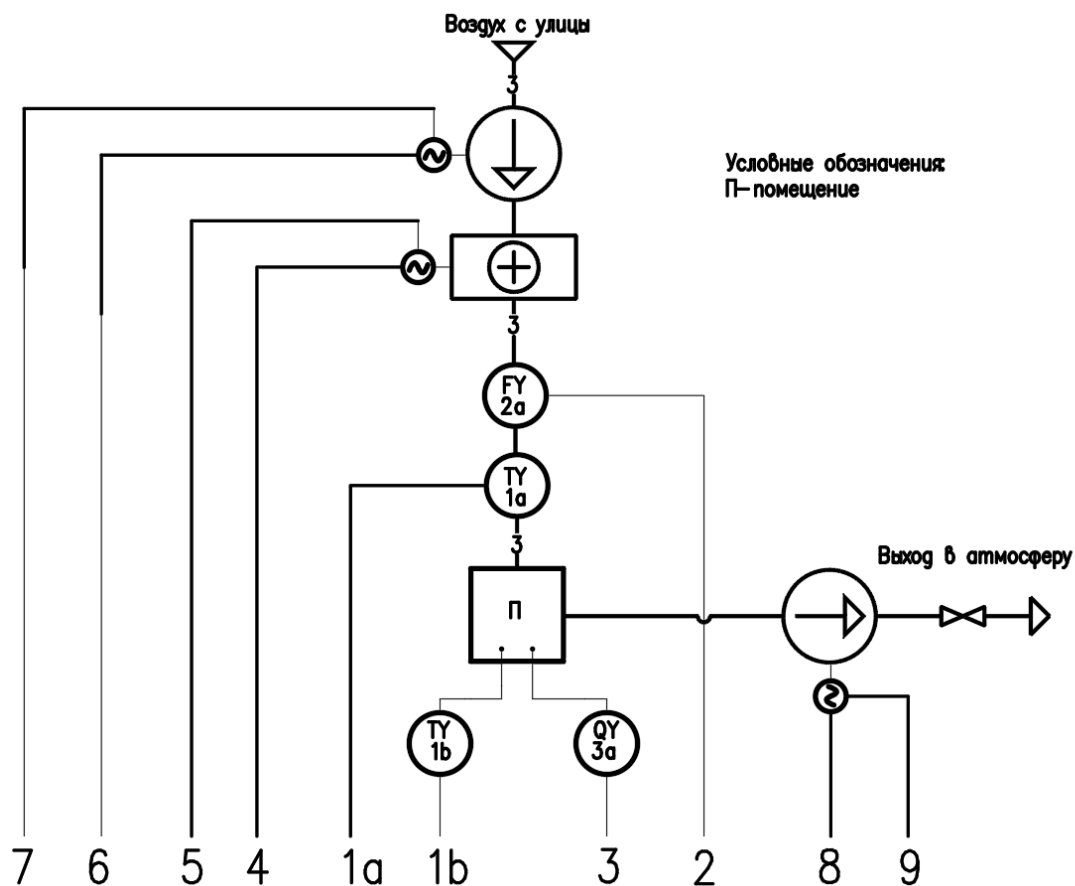


Рисунок 6 – Фрагмент функциональной схемы

Разработанная функциональная схема автоматической системы регулирования представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.012 С2.

Разработанная автоматическая система регулирования расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции (рис. 6) работает следующим образом: воздух с улицы поступает в вентилятор, параметры работы которого задаются регулятором скорости вращения, после чего проходит через нагреватель, далее поток воздуха направляется в помещение, где регистрируются значения температуры и концентрации O_2 . Оттуда поток воздуха направляется наружу, с помощью вытяжного вентилятора.

Значения регулируемых параметров:

- расход воздуха ($0 \dots 2050 \text{ м}^3/\text{ч}$);
- мощность нагревателя, ($0-3000\text{Вт}$).

Значения контролируемых параметров:

- концентрация O_2 (18...24 %);
- температура воздуха внутри помещения (15...30 °С);
- температура воздуха после нагревателя, (0...45 °С).

На функциональной схеме изображаются первичные преобразователи и исполнительные механизмы в виде окружностей с присвоенными номерами и линиями связи, которые ведутся в шкаф автоматизации с контроллером. Сигналы проходят через контроллер и поступают на АРМ оператора.

На этапе разработки функциональной схемы АСР были определены измерительные каналы (1-4) и каналы регулирования (5, 7, 9). Измерительные каналы 1 и 2 служат для передачи сигнала о величине температуры после нагревателя и в помещении от датчиков температуры с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА на контроллер. Измерительные каналы 3 и 4 служат для передачи сигнала о величине расхода воздуха и концентрации кислорода от датчиков с унифицированными выходными сигналами 4...20 мА на контроллер. По каналу 6 осуществляется передача информации о текущем значении мощности электрокалорифера. По каналу 5 передаются управляющие сигналы на регулятор мощности. По каналам 7, 9 передаются сигналы задания скорости вращения вентиляторов на частотные преобразователи. По каналам 8 и 10 передается информация о текущем значении скорости вращения вентиляторов.

5 Выбор приборов и средств автоматизации

5.1 Выбор измерительного преобразователя расхода

Расходомер представляет собой прибор для измерения количества израсходованного (пройденного через трубопровод) рабочего вещества, жидкости или газа. Поскольку сжимаемые и несжимаемые вещества имеют свою специфику измерения, то и устройства в этом сегменте различаются по принципам действия. Каждая категория рассчитана на работу в среде с

определенными эксплуатационными характеристиками, отличается особыми параметрами, имеет свои преимущества и недостатки.

Рассмотрим несколько вариантов электромагнитных расходомеров, технические характеристики которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики расходомеров

Наименование	Давление	Расход	Основная погрешность
Элемер-РВ	До 20 МПа	До 847800 м ³ /ч	± 0,9 %
Rosemount 8800D	До 14,9 МПа	До 10000 м ³ /ч	± 0,4 %
Метран-150RFA	До 40 МПа	До 10000 м ³ /ч	± 2,5 %

Расходомеры-счетчики вихревые Элемер-РВ предназначены для измерения и непрерывного преобразования значения объемного расхода и объема газообразных сред в унифицированный выходной сигнал постоянного тока. Эти приборы ориентированы на использование в технологических процессах различных промышленных предприятий. Благодаря соответствию стандартам на присоединительную геометрию и выходные сигналы, а также наличию полного спектра инженерных 3D-файлов, упрощается возможность интегрирования приборов в существующую инфраструктуру.

Вихревые расходомеры Rosemount серии 8800D отличаются надежностью мирового класса благодаря незасоряющемуся корпусу без прокладок, который устраняет потенциальные точки утечки, что обеспечивает максимальную доступность процесса. Уникальная конструкция вихревых расходомеров Emerson Rosemount 8800D предусматривает изолированные датчики, что устраняет необходимость в наличии технологических уплотнений для замены датчиков расхода и температуры.

Расходомер Метран-150RFA предназначен для измерения объемного расхода различных энергоносителей, включая воду, пар и газ, с использованием осредняющей напорной трубки Annubar 485 в качестве первичного измерительного преобразователя методом перепада давления. Он

также обеспечивает передачу информации для управления технологическими процессами и последующего использования в учетно-расчетных операциях.

Проведя анализ технических характеристик преобразователей расхода, выбираем расходомер Элемер-РВ в связи с доступностью, упрощенной возможностью интегрирования и надежностью.

5.2 Выбор измерительного преобразователя концентрации

Газоанализатор - прибор, созданный для измерения концентрации различных компонентов в газовых смесях. Он может работать в режиме ручного или автоматического контроля, а полученные данные обрабатываются и передаются на более высокий уровень. Результаты измерений в газоанализаторе выражаются в процентном соотношении концентрации соответствующих веществ. Также у большинства газоанализаторов присутствует возможность выдачи сигнала о критическом превышении установленной нормы определенного вещества (уставки или порога) в воздухе или другой газовой среде.

Рассмотрим газоанализаторы ДАХ-М-03-СО-200, ДукаТ-СВ и Сенсон-СВ-5023, технические характеристики которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики газоанализаторов

	Рабочая температура окр. среды, °С	Напряжение питания, В	Выходные сигналы	Диапазон измерения O ₂ , %
Экон	+25...+760	10-16	4-20 мА	0,1...10
Клевер-СВ	-30...+50	10-30	4-20 мА	0,1...20
Сенсон-СВ-5023	-60...+65	24	4-20 мА	0,1...30

Исходя из того, что газоанализатор Сенсон-СВ-5023 осуществляет измерение O₂ в диапазоне 0,1 – 30 %, что является наиболее подходящим диапазоном измерения содержания кислорода в воздухе, выбираем газоанализатор Сенсон-СВ-5023.

5.3 Выбор измерительного преобразователя температуры

Термоэлектрические преобразователи (ТП) с металлическими электродами предназначены для измерения температуры в комплекте с милливольтметрами, автоматическими потенциометрами, измерительными преобразователями и устройствами связи с объектами ЭВМ.

Сравним измерительные преобразователи TS-K02-420 и ДТП174, производства RGP и Овен ДТП174, технические характеристики которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики измерительных преобразователей температуры

ТП	Диапазоны измерения температуры, °С	Классы допусков	Средний срок службы	Диапазон унифицированного сигнала, мА	Цена, руб.
RGP TS-K02-420	-50...+150	1	6	4-20	от 7650
Овен ДТП174	-40...+600	1	10	4-20	от 2124

Представленные термоэлектрические преобразователи соответствуют необходимым условиям для корректной работы АСР. На основании этого, выберем Овен ДТП174 (2 шт.), ввиду экономических соображений.

5.4 Выбор контроллера

Важным параметром, который следует учитывать при выборе ПЛК, является количество точек ввода/вывода. Это значение представляет максимальное количество дискретных устройств, которые можно подключить к ПЛК, таких как датчики и исполнительные механизмы типа включен/выключен. Обычно производитель указывает это число для самого мощного ПЛК в серии, учитывая все модули расширения. Количество аналоговых сигналов, в свою очередь, может быть ограничено числом доступных модулей расширения. Малые ПЛК ограничены в подключении аналоговых сигналов – 8, что и является подходящим вариантом для разрабатываемой АСР.

В данной работе рассмотрим два программируемых логических контроллера ПЛК63 фирм «ОВЕН» и DVP14SS11R2 фирмы «Delta Electronics»

ОВЕН ПЛК63 – контроллер с НМІ для локальных систем автоматизации. Основные области применения ОВЕН ПЛК63 – ЖКХ, ЦТП, ИТП, котельные, небольшие установки. В таблице 5 приведены технические характеристики ОВЕН ПЛК 63.

Таблица 5- Технические характеристики ОВЕН ПЛК63

Объем памяти ввода-вывода	600 байт – для ПЛК63-М
Напряжение питания	– постоянного тока от 150 до 300 В (номинальное 220 В) – переменного тока (47...63 Гц) от 90 до 264 В (номинальное 110/220 В)
Интерфейсы	RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11)
Протоколы	ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (протокол CODESYS)
Количество универсальных аналоговых входов	термосопротивления, термопары, сигналы тока, напряжения, сопротивления
Количество дискретных входов	8

Продолжение таблицы 5

Количество выходных элементов	6
Расширение количества дискретных выходов	до 8 (модуль MP1 по внутренней шине)
Цена	29 400 руб.

Delta Electronics DVP14SS11R2 является центральным процессорным модулем, который содержит 14 точек ввода/вывода. Эта модель контроллера DVP-SS предназначена для выполнения небольших задач, не связанных с большим объемом расчетов. Она поддерживает все базовые команды и наиболее распространенные прикладные инструкции.

Один процессорный модуль может поддерживать до 256 точек ввода/вывода и до 8 специальных модулей, таких как аналоговые и температурные. Благодаря таким характеристикам, данный контроллер является эффективным и простым в использовании инструментом для решения задач автоматизации в небольших проектах. В таблице 6 приведены технические характеристики DVP14SS11R2.

Таблица 6 – Технические характеристики контроллера Delta Electronics DVP14SS11R2

Напряжение питания	24 В (-15% ~ + 20%), с защитой от переплюсовки
Потребляемая мощность	3,5 Вт
Аналоговых входов/выходов	6 шт.
Дискретных входов/выходов	8 шт.
Интерфейс связи	RS-232, RS-485
Протоколы	Modbus ASCII/RTU
Время реакции	10 мс
Цена	7 720 руб.

На основании сравнения приведенных технических характеристик, предпочтительнее для нашего объекта является контроллер DVP14SS11R2,

так как его функции позволяют решить поставленные задачи при меньших затратах.

5.5 Выбор вентилятора

Вентилятор ВЕНТС ТТ ПРО 315 включает в себе широкие возможности и высокие характеристики осевых и центробежных вентиляторов. Используются в приточно-вытяжных системах вентиляции, которые требуют высокого давления, мощного воздушного потока и низкого уровня шума. Данную модель вентилятора используем в количестве 2 штук, как для притока, так и для оттока воздуха в помещении. В таблице 7 представлены технические характеристики выбранного вентилятора ВЕНТС ТТ ПРО 315.

Таблица 7 – Технические характеристики ВЕНТС ТТ ПРО 315

Характеристика	Величина
Максимальный расход воздуха, м ³ /ч	2050
Напряжение, В	230
Частота вращения, мин ⁻¹	2430
Класс защиты	IP X4

5.6 Выбор регулятора скорости вращения

Остановим свой выбор на регуляторе скорости вращения DRV110-230-M1S40, производства SELPRO. DRV110-230-M1S40 предназначен для ручного или автоматического регулирования двигателей осевых и центробежных вентиляторов. Имеет 1 вход, также доступны 2 различных режима регулирования:

1. регулирование скорости вращения посредством изменения напряжения от 0% до 100% в зависимости от сигнала
2. внешний сигнал управления 4-20 мА или 0-10 В

В таблице 8 представлены технические характеристики выбранного регулятора скорости вращения.

Таблица 8 – Технические характеристики DRV110-230-M1S40

Управляющий сигнал	4-20 мА или 0-10 В
Макс. мощность	2,76 кВА
Потребляемая мощность	0,5 Вт
Макс. рабочий ток	10 А
Масса	0,7 кг

5.7 Выбор нагревателя воздуха

Конструктивно калорифер водяной КСк представляет собой моноблок, где в корпусе из стали установлена система оребренных трубчатых нагревателей. В качестве теплоносителя выступает перегретая вода, максимально допустимая температура которой +190С при давлении до 1,2 МПа (12 атмосфер). Калорифер КСк представляет собой устройство, в котором воздух нагревается при соприкосновении с элементами калорифера, заполненными теплоносителем. В таблице 9 представлены технические характеристики выбранного нагревателя воздуха.

Таблица 9 – Технические характеристики КСк 3-2

Производительность по теплу, кВт	60,0
Производительность по воздуху, м ³ /ч	3150
Масса, кг	39,0
Площадь поверхности теплообмена, м ² ±1,5%	14,42

5.8 Выбор регулятора мощности

Регуляторы мощности DRU3 предназначены для плавного управления мощностью, передаваемой из сети в нагрузку. Управление осуществляется в ручном режиме или посредством входного аналогового сигнала.

Регуляторы мощности - устройства, которые применяются в автоматизированных системах управления технологическим процессом в

различных отраслях промышленности. Они используются для управления мощностью, которую получает нагревательное оборудование, такое как калориферы, ТЭНы и инфракрасные нагреватели. Регуляторы мощности широко используются в металлургии, пищевой промышленности, сушке, экструзии, термообработке и плавке стекла, полупроводниковой промышленности и нефтехимии. В таблице 10 представлены технические характеристики выбранного регулятора мощности.

Таблица 10 – Технические характеристики DRU3-25/40

Диапазон напряжения питания от трехфазной сети переменного тока	200...440 В
Частота питающего напряжения	47...63 Гц
Тип входа	0...20 мА, 4...20 мА 0...5 В, 0...10 В
Масса устройства (брутто/нетто)	2,20/2,35 кг
Средний срок службы	8 лет

6 Разработка монтажной схемы

Схема соединения внешних проводок представляет собой документ, включающий информацию об электрических и трубопроводных связях между установленными на технологическом оборудовании приборами и средствами автоматизации. Она отображает соединения проводов и кабелей внешнего монтажа с приборами и щитами, а также содержит информацию о подключении изделия.

Схема соединения внешних проводок выполняется в случаях, когда имеются многосекционные или составные щиты, большое количество соединительных коробок или групповых стоек приборов. Этот документ является самостоятельным и содержит важную информацию о том, как проводить соединения и установку оборудования в соответствии с техническими требованиями.

Схемы в общем случае должны содержать: первичные приборы; щиты; пульты; штативы вне щитовых приборов; групповые установки приборов; внешние электрические и трубные проводки; защитное зануление систем автоматизации; технические требования (указания); перечень элементов.

Выбор проводов и кабелей, а также выбор способа выполнения электропроводки выполняют в соответствии с указаниями руководящего материала РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки».

Кабели выбираются по количеству жил и размеру сечения. При разработке схемы соединений внешних проводок предусмотрено применение трех видов кабелей.

Кабель КВВГЭ - экранированный контрольный кабель с медной жилой и изоляцией из ПВХ. Он предназначен для подключения электрооборудования с напряжением до 1000 В. Кабель обеспечивает защиту от внешних электрических полей и механических повреждений. Широко используется в различных отраслях промышленности.

Кабель КВВГ - контрольный кабель с медными жилами в ПВХ изоляции, который при одиночной прокладке не распространяет горение. Широко применяется для передачи и распределения электроэнергии в системах, где номинальное переменное напряжение до 660 В частотой до 100 Гц или постоянное напряжение до 1000 В. Кабель КВВГ может использоваться для прокладки как в помещениях, так и на открытом воздухе. Обеспечивает надежную передачу электрической энергии, обладая высокой стойкостью к внешним воздействиям и устойчивостью к механическим повреждениям.

Для щита силового управления выберем кабели ВВГнг-FRLS. ВВГнг(A)-FRLS – это огнестойкий силовой кабель с изоляцией и оболочкой из ПВХ-пластиката. Помимо огнестойкости, он отличается пониженной горючестью и дымовыделением, что соответствует категории А по нераспространению горения при групповой прокладке. Номера кабельных проводок с расшифровкой марки кабеля приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Кабели, использованные в схеме

Номер кабельной проводки	Наименование кабеля
1-5	КВВГ
6	КВВГЭ
0,7	ВВГнг-FRLS

Клеммная коробка – это распределительная система, которую устанавливают для изоляции и сохранения электропроводки. Внутри клеммной коробки находится клеммная колодка. Эти приспособления являются гарантией надежного и безопасного функционирования электросети. Для датчиков выберем соединительную клеммную коробку КС-8 УХЛ-1,5 с 8 клеммами, с сечением жил до 4 мм², IP65.

В верхней части чертежа приведена таблица с наименованием параметров, местами отбора импульсов и позициями датчиков. Под каждой позицией датчиков располагаются датчики температуры, расхода и концентрации. Исходя из руководства по эксплуатации, выбираем двухпроводную схему подключения. Провода для датчиков (11-18) соединяются в кабели. В окружности на кабеле приводится маркировка измерительного канала. Кабели № 1-4 сводятся в клеммную коробку через 4 сальника М25, из коробки выходит кабель № 5 через сальник М32 на шкаф автоматизации.

В нижней части чертежа находится шкаф автоматизации. Он соединяется кабелем №0 с щитом силовым управления, который расположен в верхней правой части. В левой части схемы расположен регулятор мощности, соединенный с нагревателем кабелем № 12. В правой части схемы расположены вентиляторы ТТ ПРО 315 с регуляторами скорости вращения DRV110-230-M1S40, связь которых обеспечивается с помощью кабелей №6 и №9. Питание электроприборов осуществляется кабелями № 8, № 11 и № 14 от щита силового управления. Кабели №7, №10 и №12 обеспечивают соединение

регуляторов скорости вращения вентиляторов и регулятора мощности нагревателя с щитом автоматизации. Кабели №33-36 осуществляют передачу сигнала от газоанализатора, сигнализируя о снижении пороговых значений концентрации кислорода или неисправности устройства.

Разработанная монтажная схема приведена на ФЮРА 421000.012 С5.

7 Разработка схемы электрической соединений

7.1 Описание схемы электрической соединений

Схема электрических соединений - документ, который отображает электрические элементы и устройства, используемые для контроля и управления электрическими процессами. Данный документ содержит условные графические изображения или обозначения, показывающие соединения между элементами и конечные точки входных и выходных цепей, такие как разъемы и зажимы. Схема электрических соединений является необходимым документом для правильной установки и подключения оборудования и обеспечения его работоспособности. Широко используется в проектировании и производстве промышленной автоматики и электротехнических систем.

Для разработки схемы электрических соединений необходимо выполнить следующие действия:

- 1) нанести на схему все используемые технические средства автоматизации в соответствии с релевантными стандартами и требованиями проекта;
- 2) произвести соединение проводов с клеммами устройств на основании требований завода-изготовителя оборудования;
- 3) выполнить нумерацию проводов в соответствии с требованиями документации проекта.

Электропитание всех технических средств осуществляется от распределительного щита, питающегося переменным напряжением 220 В, 50 Гц. Внутри щита питание осуществляется с помощью источника

бесперебойного питания, который обеспечивает непрерывное питание потребителя в случае отключения основного электропитания.

На входе цепи питания 220 В предусмотрена защита от перенапряжения PLT-SEC-T3-230-FM-UT (Z01). Для резервирования питания и преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В используется бесперебойный источник питания типа ИБП - РИП-24 ИСП. 06 (G1), который обеспечивает автономную работу всех устройств, входящих в состав шкафа управления. В шкафу предусмотрено внутреннее рабочее освещение (лампа EL1) для обслуживания и ремонта. Концевой выключатель SQ1 предназначен для автоматического включения лампы при открытии и выключения при закрытии дверцы ШУ. Для удобства обслуживания оборудования в шкафу управления предусмотрена розетка (XS1). Температура воздуха внутри шкафа контролируется термореле типа Rittal 3238.124, уставка которого равна 30 °С. В шкафу также установлен вентилятор M1, который включается при срабатывании термореле и отводит тепло от ТСА.

Для ввода аналоговых сигналов в щите предусмотрены разделительные преобразователи ET-422, которые обеспечивают гальваническую развязку цепей контроллера и полевых цепей, сигнал с которых поступает на соответствующие блоки контроллера. Были реализованы возможности ввода дискретных сигналов для управления световыми сигнализациями. Сигнальные лампы программно настроены для отображения различных состояний устройства.

В данном разделе была разработана схема электрическая соединений щита автоматизации, которая приведена в документе с шифром ФЮРА.421000.012 Э4.

7.2 Определение объема оснащения щита автоматизации элементами и устройствами, необходимыми для подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов щита управления.

Система питания ПЛК, обязана обеспечить корректным и надежным электропитанием имеющиеся на борту электронные модули, такие как микроконтроллер, микросхемы памяти, аналоговые интерфейсы и прочее. Ключевыми параметрами при выборе модуля являются характеристики питания. Для удовлетворения потребностей системы, выберем питание 24 В. Характеристики модуля DVPS01 приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики модуля питания DVPS01

Характеристики	DVPS01
Номинальное напряжение на входе, В.	24
Потребляемая мощность, Вт.	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	0...+55

Для осуществления связи с диспетчерским уровнем и преобразования интерфейсов разных протоколов информационной связи, выберем коммуникационный модуль DVPT01S. Характеристики выбранного модуля приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристики процессорного модуля DVPT01S

Характеристики	DVPT01S
Встроенные коммуникации (интерфейс), шт.	Ethernet – 1 RS – 232 – 1 RS – 485 – 1
Максимальная потребляемая мощность, Вт.	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	0...+55

Для подключения датчиков с унифицированным сигналом и управляющим сигналом на регулятор частоты, выберем модуль аналогового входа/выхода. С помощью DVP06XA-S модуля контроллер будет осуществлять принятие сигналов с датчиков и передавать управляющий сигнал на контроллер. Характеристики данного модуля приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики модуля аналогового входа DVP06XA-S

Характеристики	DVP06XA-S
Количество входов/выходов, шт.	6
Максимальная потребляемая мощность, Вт.	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	0...+55
Диапазон измерения постоянного тока, мА.	4...20

Для осуществления передачи сигнала и обеспечения гальванической развязки выберем преобразователь ET422. Данное устройство приводит сигнал до нормированного уровня. Характеристики выбранного преобразователя приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Характеристики преобразователя ET422

Характеристики	ET422
Количество каналов, шт.	2
Вход/выход тока, мА.	Любой токовый сигнал/4...20
Потребляемая мощность, Вт.	3,5
Диапазон рабочих температур, °С	-20...+60

8 Составление перечня элементов щита управления

Для краткой и понятной записи информации об элементах и устройствах используются условные буквенные обозначения в соответствии с ЕСКД ГОСТ 2.710-81. Прописные буквы и цифры латинского алфавита присваиваются элементам схемы в зависимости от их назначения. На основе таких обозначений был создан перечень элементов. Перечень элементов представлен в документе с шифром ФЮРА.421000.012 ПЭ4.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Перечень элементов оформляют в виде таблицы по ГОСТ 2.701. Если перечень элементов помещают на первом листе схемы, то его располагают, как правило, над основной надписью. Для электронных документов перечень элементов оформляют отдельным документом.

Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные позиционные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

9 Разработка общего вида щита управления

При разработке электрической схемы было определено количество и тип оборудования, которое находится в щите управления. Также для разработки чертежа общего вида были найдены габаритные размеры каждого технического средства и элемента, их особенности монтажа.

Исходя из объема технических средств и их количества, выберем навесной шкаф АХ фирмы Rittal размером 800x1200x300.

В верхней части шкафа расположены концевой выключатель (SQ1) и лампа (EL1). В верхнем ряду расположен контроллер с модулями (AC1) и источник питания (G1), во втором ряду расположены средства защиты питания и управления.

Далее расположены разделительные преобразователи (UY1...UY4), реле (K1...K7).

В нижней части шкафа в несколько рядов расположены сборки зажимов.

Оборудование размещается на DIN-рейке NS 35/4,5 ZN UNPERF. Прокладка соединений предусмотрена в закрытых коробах.

На двери шкафа размещены лампы, вентилятор и ручка.

В нижней части чертежа представлен полный перечень основных находящихся в шкафу элементов.

Чертеж выполнен в масштабе 1:10. Масса шкафа – 85 кг.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.012 ВО.

10 Расчет параметров настройки регулятора

Приточно-вытяжные системы вентиляции — инженерные сети, которые обеспечивают подачу в помещение свежего воздуха и удаление из него отработанного в принудительном порядке или естественным путем. Это позволяет обеспечить комфортные условия, не допуская проникновения неприятных запахов, дыма, пыли и других загрязняющих веществ.

Регулирование процесса вентиляции основывается на важнейшем показателе – содержании кислорода в воздухе. Человек, находясь в закрытом помещении довольно продолжительное время — 8-10 часовой рабочий день, испытывает кислородное голодание. В нормальных условиях плотность углекислого газа составляет $1,97 \text{ кг/м}^3$, но при ее повышении человек начинает чувствовать: слабость; недомогание; головокружение; заторможенность интеллектуальных способностей; потемнение в глазах.

Частые перепады настроения и раздражительность также являются следствием кислородного голодания организма. Подобное явление отрицательно отражается как на здоровье человека, так и на его производительности, поэтому необходимо создать оптимальные условия для

сотрудников, а, следовательно, понизить концентрацию углекислого газа в воздухе и повысить уровень кислорода. Только постоянный приток чистого воздуха способен разрядить атмосферу раздражительности и нормализовать деятельность мозга.

10.1 Идентификация объекта управления

Идентификация – процесс получения математических моделей объекта управления. Существует два типа идентификации: активная и пассивная. В инженерной практике применяется активная идентификация, при которой на объект подается специализированное входное воздействие, а затем, анализируя результаты обработки данных, получают его математическую модель.

Модель составлена на базе экспериментальных исследований. Кривая разгона приведена на рисунке 7.

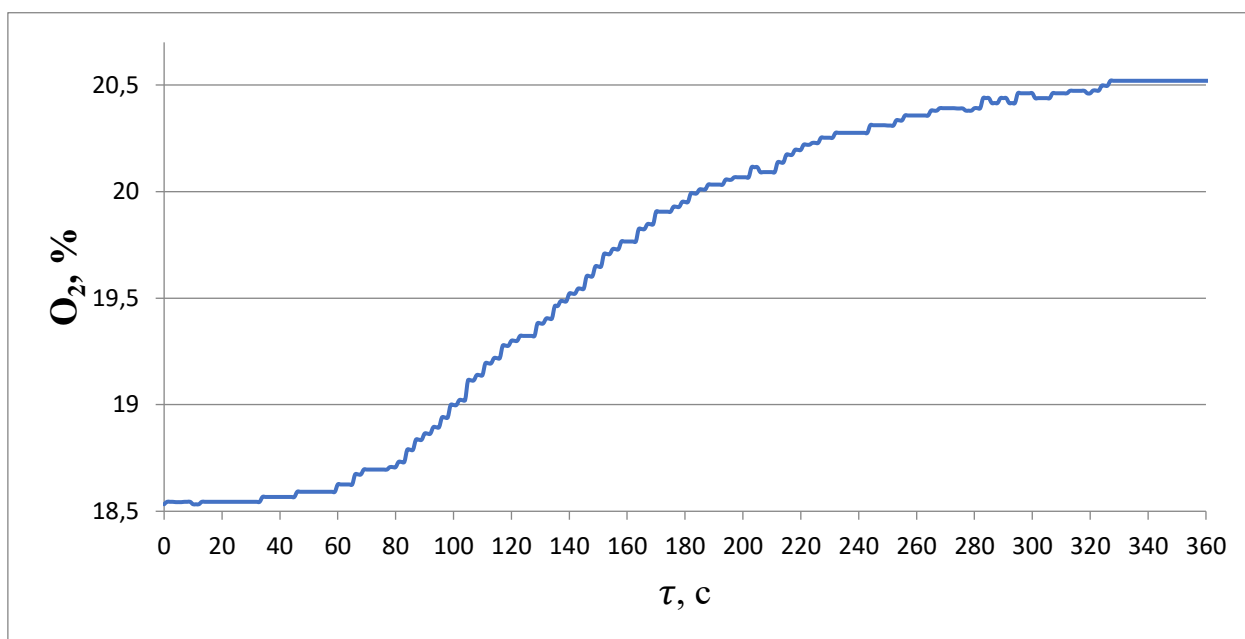


Рисунок 7 – Кривая разгона объекта управления, где τ – время, O_2 – концентрация кислорода

По полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени T ; запаздывание t , коэффициент передачи K .

Передаточная функция для кривой представляет собой аperiodическое звено с запаздыванием:

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

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

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

Получаем два неизвестных значения время запаздывания τ и постоянную времени T . Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие; при единичном воздействии $k = h(T_y)$. Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона строим две точки A и B . Точка A определяется как $0,33 k$, а точка B имеет ординату $0,7 k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

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

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

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;

h_A и h_B – значение ординат при точках A и B .

Определяем расположение на кривой точек A и B и находим необходимые неизвестные параметры. Далее представим полученные точки на рис. 8.

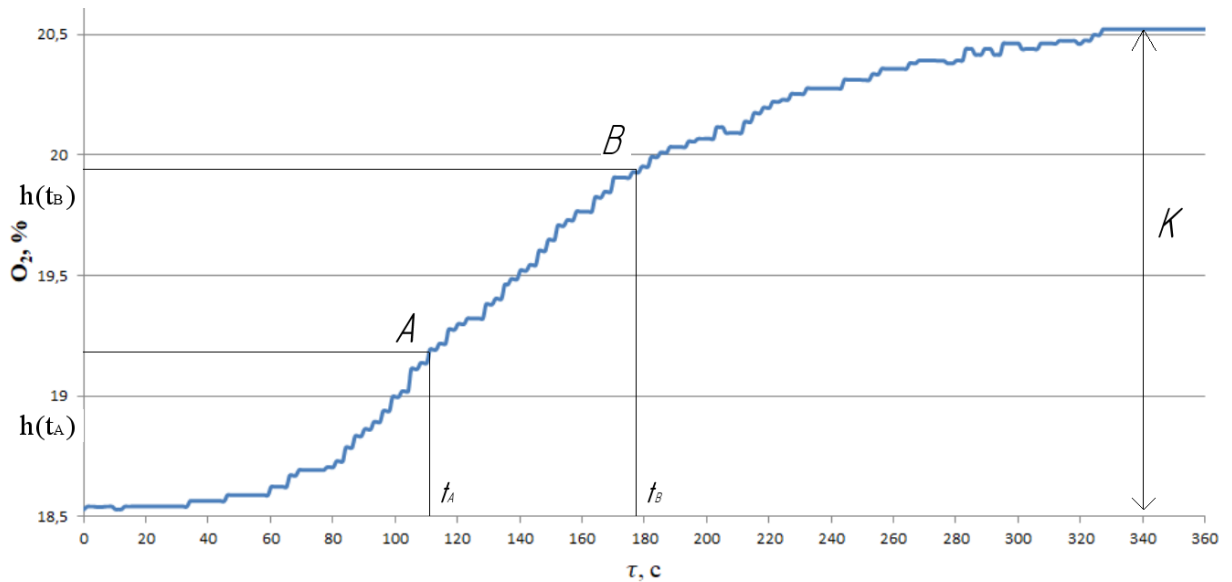


Рисунок 8 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора, где τ – время, O_2 – концентрация кислорода

Для наглядности и точности выполняется аппроксимация кривой по методу Орманса. Определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

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

$$T = \frac{t_B - \tau}{1.2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 106 - 177) = 70,5 \text{ с};$$

$$T = 1,25(177 - 106) = 88,75 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{1,98}{(88,75P + 1)} e^{-70,5P}.$$

На рисунке 9 представлен вид структурной схемы системы регулирования.

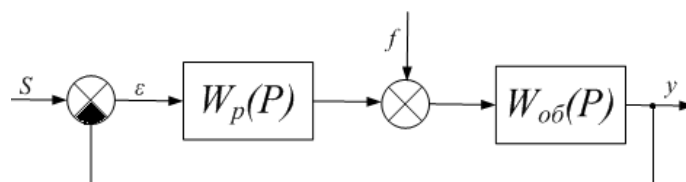


Рисунок 9 – Структурна схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени устойчивости равной $\psi=0,9$.

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2\pi} \cdot \ln(1 - 0,9) = 0,366.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{1,98}{(88,75P+1)} e^{-70,5P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 16 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот от 0,0001 до 0,054 c^{-1} , с шагом по частоте 0,02 c^{-1} .

Таблица 16 – Расширенные частотные характеристики объекта

ω, c^{-1}	$Re_{об}(m,\omega)$	$Im_{об}(m,\omega)$	$A_{об}(m,\omega)$
0	1,98	0	1,98
0,001	2,10	-0,345	2,13
0,002	2,15	-0,741	2,27
0,003	2,10	-1,166	2,40
0,004	1,94	-1,588	2,51
0,005	1,68	-1,971	2,59
0,006	1,33	-2,283	2,64
0,007	0,93	-2,504	2,67
0,008	0,49	-2,625	2,67
0,009	0,07	-2,651	2,65
0,01	-0,34	-2,597	2,62
0,011	-0,70	-2,479	2,58
0,012	-1,02	-2,314	2,53
0,013	-1,28	-2,117	2,48
0,014	-1,51	-1,9	2,43
0,015	-1,69	-1,672	2,38
0,016	-1,83	-1,439	2,33
0,017	-1,94	-1,206	2,29
0,018	-2,02	-0,976	2,25
0,019	-2,08	-0,751	2,21
0,02	-2,11	-0,532	2,18

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

$$\frac{K_p}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

$$K_p = - \frac{m \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega) + \text{Re}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Для нахождения значения параметров настройки использовался диапазон значения частот от 0 до 0,054 с⁻¹, с шагом по частоте в 0,02 с⁻¹.

Полученные значения представлены в таблице 17 в виде листинга расчета.

Таблица 17 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p	$\frac{K_p}{T_u}$
0	-0,505	0
0,001	-0,427	0,00009351
0,002	-0,348	0,0003529
0,003	-0,268	0,0007458
0,004	-0,188	0,00124
0,005	-0,11	0,001804
0,006	-0,035	0,002407
0,007	0,038	0,00302
0,008	0,106	0,003614
0,009	0,17	0,004165
0,01	0,23	0,004649
0,011	0,284	0,005046
0,012	0,332	0,005339
0,013	0,374	0,005512
0,014	0,41	0,005554
0,015	0,44	0,005456
0,016	0,464	0,005212
0,017	0,482	0,004819
0,018	0,493	0,004277
0,019	0,499	0,003588
0,02	0,499	0,002756

Для удобства и визуализации строится зависимость от полученных параметров, представленная на рисунке 10. Полученная кривая на рисунке является линией для степени затухания, равной 0,9. Все значения параметров

настройки, которые будут лежать на этой кривой, будут обеспечивать заданную степень затухания.

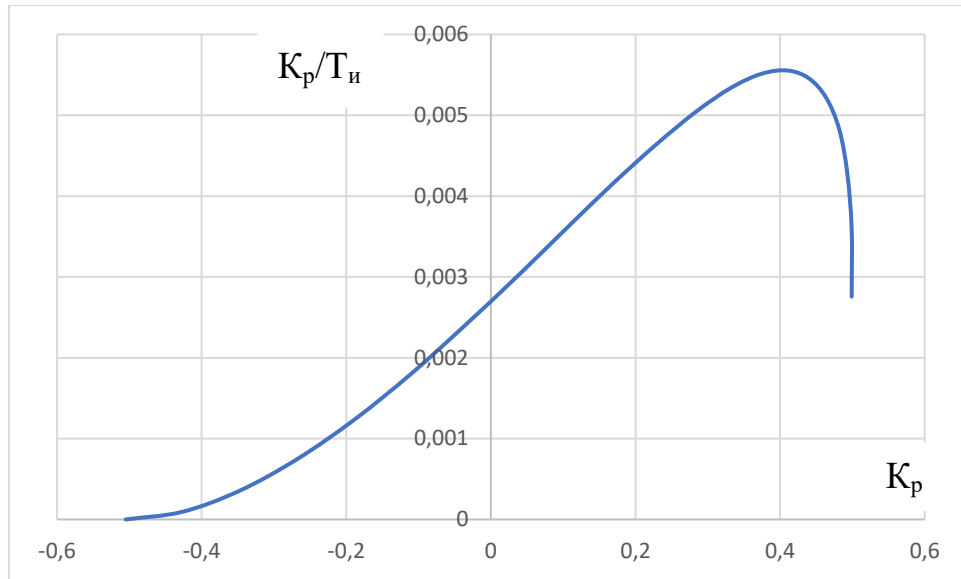


Рисунок 10 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением отношения K_p/T_i на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 17 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_i} \right) = 0,005554, \quad K_p = 0,41, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,015 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_i = \frac{K_p}{K_p/T_i} = 73,82 \text{ с}.$$

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

Передаточная функция будет иметь вид:

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

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

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

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную

характеристику системы. На рисунке 11 представлен график вещественной частотной характеристики.

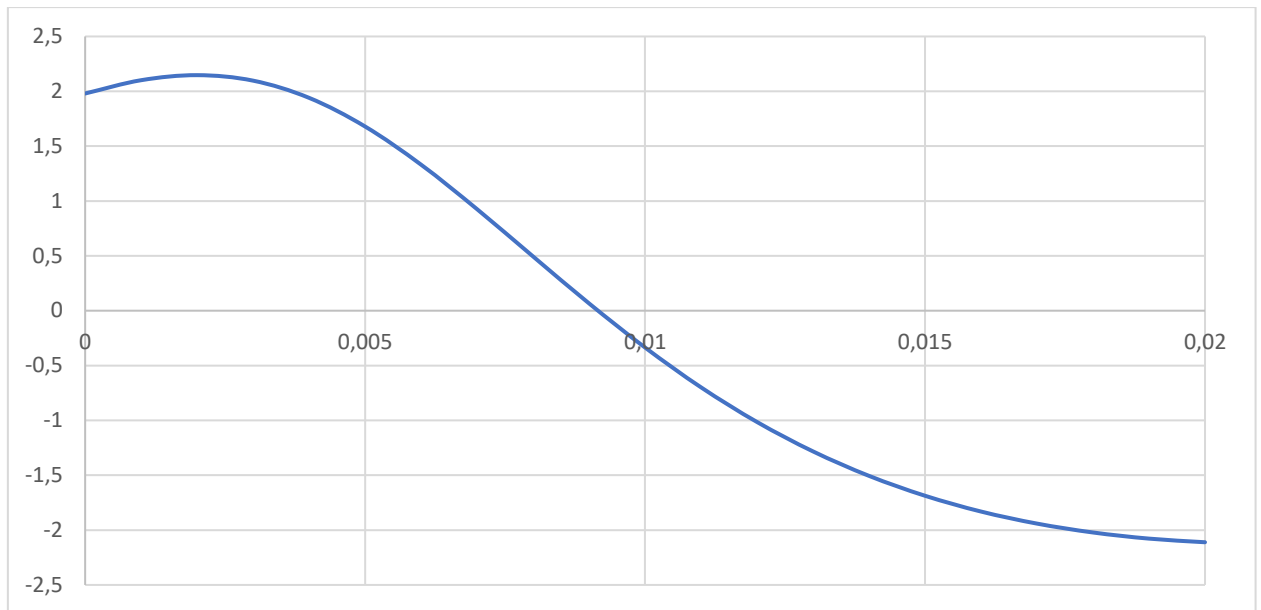


Рисунок 11 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

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

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

ω – частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности расчета в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,29} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 12 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была

выполнена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

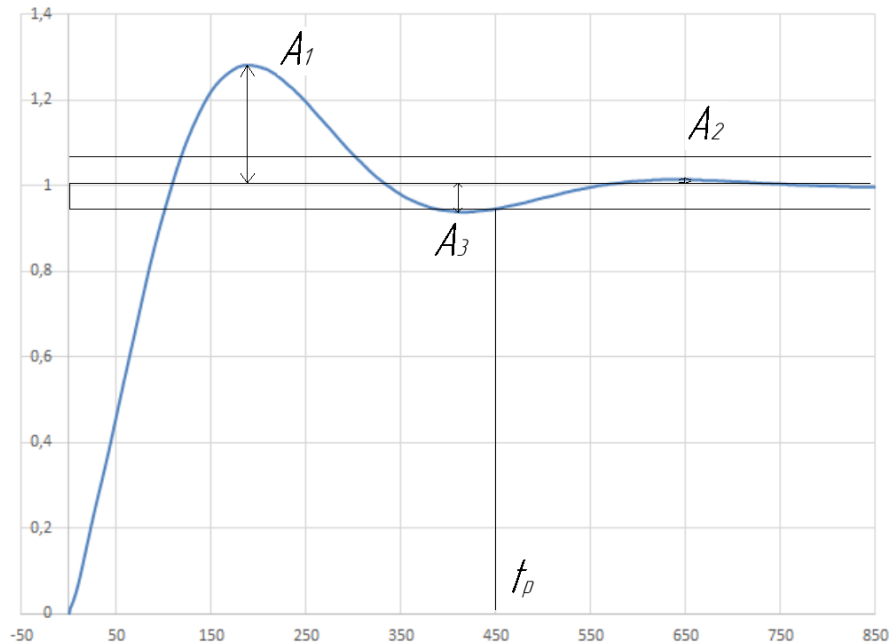


Рисунок 12 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

11.2 Оценки качества переходного процесса

С использованием графика (рисунок 12) определяются прямые оценки качества:

а) максимальная динамическая ошибка: $A_1=0,28$;

б) перерегулирование: $\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100\% = \frac{0,06}{0,28} \cdot 100\% = 21,4\%$,

где $A_3 = 0,06$ – первое минимальное отклонение регулируемой величины;

в) динамический коэффициент регулирования R_D :

$$R_D = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100\% = \frac{0,28 + 1}{20,5} \cdot 100\% = 6,2\%,$$

где $K_{об} = 20,5$ – коэффициент передачи объекта;

г) степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,01}{0,28} = 0,96,$$

где $A_2 = 0,1$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

д) статическая ошибка: $\varepsilon_{ст} = y(\infty) = 0$;

е) время регулирования: $t_p = 450$ с.

11 Разработка мнемосхемы

Для удобства наглядного представления функциональных схем объектов, которые нужно контролировать или управлять, используются мнемосхемы - графические изображения схем этих объектов. Мнемосхема представляет информационную условную модель системы или процесса в виде символов, обозначающих её части и их взаимосвязи.

Мнемосхема отражает графическую структуру всей системы, что облегчает работу оператора. Благодаря мнемосхеме, оператор легче запоминает структуру системы, взаимосвязь параметров, назначение и работу органов управления, приборов, станков и т.д.

Мнемосхема служит, пожалуй, одним из важнейших источников информации о процессах, происходящих в системе для операторов, управляющих ими. Она отражает структуру и характер процессов, текущий статус системы, а также сообщает об авариях и нарушениях нормальных режимов работы.

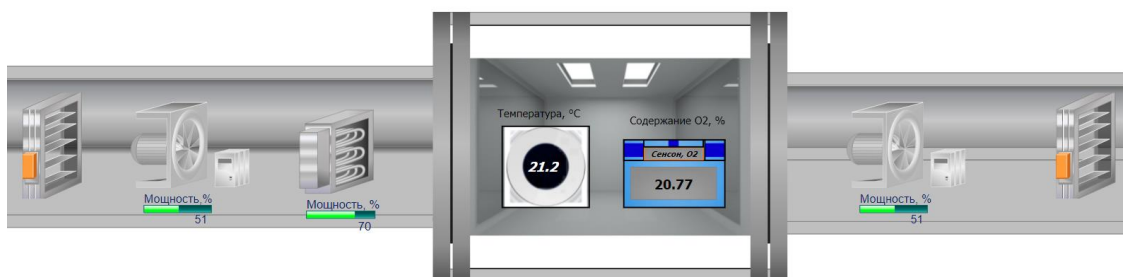


Рисунок 13 – Мнемосхема АСР расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции

Разработанная схема отражает принцип работы системы вентиляции и позволяет отслеживать показатели мощности приточного и вытяжного

вентиляторов, калорифера, а также наблюдать контролируемые параметры системы: температуру и концентрацию кислорода.

Для разработки полученной мнемосхемы использовался язык программирования FBD (Function Block Diagram).

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б93	Криволапов Иван Иванович

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

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12; - норма амортизации 10-20%; - накладные расходы – 20%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- страховые взносы во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<i>Анализ потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, проведение SWOT-анализа.</i>
2. Планирование и формирование бюджета	<i>Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Формирование бюджета затрат проекта.</i>
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	<i>Расчет показателей сравнительной эффективности проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Криволапов Иван Иванович		

12 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – произвести расчет нормативной продолжительности выполнения работ согласно теме ВКР и представить календарный график работ с расчетом отдельных статей сметы. В случае, если в ВКР предусмотрено применение новой техники и технологии, необходимо произвести расчет экономической эффективности мероприятия либо сделать обоснование целесообразности разработки инвестиционного проекта.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование и формирование бюджета;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.

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

12.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемая АСР приточно-вытяжной вентиляции обеспечит оптимальный микроклимат, от которого зависит самочувствие и работоспособность человека, поэтому данная система актуальна как для производственных, так и для офисных помещений, а также жилых домов. К преимуществам стоит отнести:

- Универсальность применения оборудования на объектах любого назначения;
- Возможность быстрой подачи свежего воздуха в помещение;
- Возможность улучшить микроклиматические показатели объекта за счет очистки и фильтрации воздуха;

- Поддержание комфортной температуры за счет подогрева или охлаждения воздушных масс.

12.1.2 Анализ конкурентоспособности технических решений

Проведем анализ конкурентных технических решений с помощью оценочной карты. Так как для обеспечения здорового микроклимата чаще всего выбирают вентиляцию или кондиционирование, то сравним эти системы. В таблице 18 приведено сравнение конкурентных технических решений.

Таблица 18 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б ₁	Б ₂	К _{ВЕН}	К _{КОН}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Надежность	0,15	4	4	0,6	0,6
Экологичность	0,2	4	4	0,8	0,8
Возможность применения технологии на производстве	0,05	5	2	0,25	0,1
Простота эксплуатации	0,05	4	5	0,2	0,25
Качество регулирования	0,15	5	5	0,75	0,75
Эффективность применения	0,1	5	3	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности					
Цена	0,1	4	5	0,4	0,5

Продолжение таблицы 18

Стоимость обслуживания	0,1	4	5	0,4	0,5
Срок эксплуатации	0,2	5	4	1	0,8
Итого	1	39	37	4,9	4,6

Расчет конкурентоспособности определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы); $Б_i$ – балл i -го показателя.

$$K_{\text{ВЕН}} = \sum B_i \cdot Б_i = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,9,$$

$$K_{\text{ВМТ}} = \sum B_i \cdot Б_i = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 2 + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,7,$$

Исходя из результатов расчета анализа конкурентных технических решений – использование системы вентиляции является более эффективным.

12.1.3 SWOT - анализ

SWOT-анализ — инструмент планирования, который используют для оценки сильных и слабых сторон компании, а также возможностей и угроз на рынке. Результаты SWOT - анализа приведены в итоговой таблице 2.

Таблица 19 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Независимая система от климатических условий.</p> <p>С2. Изменение показателей воздухообмена.</p> <p>С3. Дополнительная очистка воздуха</p> <p>С4. Высокая надежность системы.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Потребность в квалифицированных кадрах при монтаже.</p> <p>Сл2. Энергозависима</p> <p>Сл3. Относительно высокая денежная стоимость</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Подача воздуха из окружающей среды с возможностью регулировки скорости работы.</p> <p>В2. Очистка от загрязнений.</p> <p>В3. Подогрев подаваемого воздуха.</p> <p>В4. Регулировка уровня влажности и температуры воздуха.</p>	<p>Сильные стороны и возможности:</p> <p>1. Высокая производительность.</p> <p>2. Возможность выбора схемы управления – из одной точки или локально в каждом отдельном помещении.</p> <p>3. Равномерное распределение воздушного потока по всем помещениям здания.</p> <p>4. Возможность одновременного регулирования температуры и влажности во всех помещениях.</p>	<p>Слабые стороны и возможности:</p> <p>1. Уменьшение полезной площади объекта.</p> <p>2. Необходимость периодической чистки воздуховодов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Появление новых конкурентных систем.</p> <p>У2. Высокая чувствительность клиентов к уровню цен, качеству услуг и уровню обслуживания.</p> <p>У3. Повышение стоимости составляющих.</p>	<p>Сильные стороны и угрозы:</p> <p>1. Укрепление конкурентных преимуществ за счет качества услуг.</p> <p>2. Использование отечественного оборудования.</p>	<p>Слабые стороны и угрозы:</p> <p>1. Низкая доля рынка.</p> <p>2. Большая зависимость от поставщиков товаров.</p>

SWOT-анализ позволил оценить потенциал проекта и выявить его сильные и слабые стороны. Главным преимуществом является широкий спектр возможностей для создания благоприятных условий для человека.

12.2 Планирование научно-исследовательских работ

12.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе представлено разбиение всей работы, которую необходимо выполнить для достижения цели проекта, на более мелкие операции и действия до такого уровня, на котором способы выполнения этих действий вполне ясны и соответствующие работы могут быть оценены и спланированы. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по видам работ приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Подбор и изучение литературы по выбранной теме	Инженер
	3	Календарное планирование работ	Научный руководитель
	4	Подготовка материалов для проведения исследований	Инженер
	5	Проведение лабораторных работ, направленных на исследование формирования опасных концентраций продуктов пиролиза, газификации и горения модельных очагов	Научный руководитель, инженер
	6	Обработка полученных данных	Научный руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности результатов	Научный руководитель
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схему, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР.	Инженер

Продолжение таблицы 20

Разработка технической документации и проектирование	9	Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».	Инженер
	10	Внесение исправлений в чертежи и доработка описания к ним.	Инженер

12.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости определяется по формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{\max i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Продолжительность каждой работы, учитывающую параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Количество календарных дней в 2022 году составило 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118 дней. Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Коэффициент календарности:

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

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году;

В таблице 4 указан перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

Пример расчета для первой строки:

$$t_{\text{ож1}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}1} + 2 \cdot t_{\text{max}1}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.};$$

$$T_{p1} = \frac{t_{\text{ож1}}}{\text{Ч}_1} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн.};$$

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \approx 2 \text{ дня.}$$

Календарный план-график построен на основе таблицы 5 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней)

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Этап	Трудоемкость работ, дни			Исполнители	Длительность работ в раб. Днях T_{pi}		Длительность работ в кал.днях T_{ki}	
	t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ож}}$		НР	Инж.	НР	Инж.
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	НР	1,4	-	2	-
Подбор и изучение литературы по выбранной теме	4	6	4,8	Инж.	-	4,8	-	7
Календарное планирование работ	2	3	2,4	НР	2,4	-	4	-

Продолжение таблицы 21

Подготовка материалов для проведения исследований	1	3	1,8	Инж.	-	1,8	-	3
Проведение лабораторных работ, направленных на исследование формирования опасных концентраций продуктов пиролиза, газификации и горения модельных очагов	12	18	14,4	Инж.	-	14,4	-	22
Обработка полученных данных	7	10	8,2	НР, инж.	4,1	4,1	6	6
Оценка эффективности результатов	3	5	3,8	НР	3,8	-	6	-
Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР	14	20	16,4	Инж.	-	16,4	-	24
Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним	4	8	5,6	Инж.	-	5,6	-	8
Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	7	12	9,0	Инж.	-	9,0	-	13
Составление пояснительной записки	7	10	8,2	Инж.	-	8,2	-	12
Итого	62	97	76	-	18,9	57,1	29	84

Таблица 22 - График Гранта

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль			Март			Апрель			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	НР	2	■												
2	Подбор и изучение литературы по выбранной теме	Инж	7	■												
3	Календарное планирование работ	НР	4		■											
4	Подготовка материалов для проведения исследований	Инж	3		■											
5	Проведение лабораторных работ	Инж	22		■	■	■									
6	Обработка полученных данных	НР, инж	6				■	■								
7	Оценка эффективности результатов	НР	6				■	■								
8	Разработка структурной, функциональной, электрической схемы соединения, монтажной схемы, выбор оборудования; разработка щита управления и мнемосхемы АСР	Инж	24					■	■	■	■					
9	Внесение исправлений в чертежи и доработка описаний к ним	Инж	8									■	■			

Продолжение таблицы 22

№	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
10	Оформление разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инж	13														
11	Составление пояснительной записки	Инж	12														

 -Научный руководитель;

 -Инженер.

12.3 Бюджет научно-технического исследования

12.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты – это расходы, которые непосредственно связаны с производством товаров. Результаты расчета затрат представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование материала	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Древесина	м ³	0,5	650	325
Линолеум	м ²	2	354	708
Картон	кг	2	120	240
Итого				1273

12.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Необходимым оборудованием для проведения работ в рамках исследования является газоанализаторы Сенсон-СМ-9001 СО2-2-ОП, Сенсон-СМ-9001 СО-2-ЭХ, Сенсон-СМ-9001 О2-2-ЭХ и модуль аналогового ввода с универсальными входами МВ110-224.8А.

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количества лет.

Норма амортизации для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 СО2-2-ОП:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Норма амортизации для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 СО-2-ЭХ:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Норма амортизации для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 О2-2-ЭХ:

$$H_A = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Норма амортизации для модуля аналогового ввода с универсальными входами MB110-224.8A:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Амортизация оборудования:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot m,$$

где И – итоговая сумма, тыс. руб.;

m время использования, мес.

Амортизация для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 СО2-2-ОП:

$$A = \frac{0,2 \cdot 52540}{12} \cdot 0,65 = 569 \text{ руб.}$$

Амортизация для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 СО-2-ЭХ:

$$A = \frac{0,2 \cdot 19200}{12} \cdot 0,65 = 208 \text{ руб.}$$

Амортизация для газоанализатора Сенсон-СМ-9001 О2-2-ЭХ:

$$A = \frac{0,2 \cdot 35060}{12} \cdot 0,65 = 380 \text{ руб.}$$

Амортизация для модуля аналогового ввода с универсальными входами MB110-224.8A:

$$A = \frac{0,1 \cdot 21084}{12} \cdot 0,65 = 114 \text{ руб.}$$

Таблица 24 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование	К-во ед.	Срок полезного использования	Цена оборудования, тыс. руб.	Время использования, мес.	H_A, %	Амортизация
1	Сенсон-СМ-9001 СО2-2-ОП	1	5	52540	0,65	20	569
2	Сенсон-СМ-9001 СО-2-ЭХ	1	5	19200	0,65	20	208

Продолжение таблицы 24

3	Сенсон-СМ-9001 О2-2-ЭХ	1	5	35060	0,65	20	380
4	Модуль аналогового ввода МВ110-224.8А	1	10	21084	0,65	10	114
Итого:							1271 руб.

12.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 3256,7 \cdot 14,4 = 46896,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 1627,4 \cdot 58,7 = 95528,38 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,3$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Выходные/праздники	68	118
Отпуск/невыходы по болезни	53	32
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	215

Среднедневная заработная плата научного руководителя (6-дневная неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{76635 \cdot 10,3}{244} = 3235 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата инженера (5-дневная неделя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{31590 \cdot 11,2}{215} = 1645,6 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}},$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2-0,5.

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3.

Месячный должностной оклад научного руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 39300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 76635 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 16200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 31590 \text{ руб.}$$

Таблица 26 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
НР	39300	0,3	0,2	1,3	76635	3248,3	19	61717,7
Инж	16200	0,3	0,2	1,3	31590	1645,6	57	93799,2
Итого $Z_{\text{осн}}$								155516,9

12.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимаем равным 0,12.

Доп. заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 61717,7 = 7406,1.$$

Доп. заработная плата инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,12 \cdot 93799,2 = 11255,9.$$

12.3.5 Отчисления во внебюджетный фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Отчисления во внебюджетные фонды для научного руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (61717,7 + 7406,1) = 20737,1 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (93799,2 + 11255,9) = 31516,5 \text{ руб.}$$

12.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем 0,2.

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{обор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}} = (1273 + 1271 + 155516,9 + 18662 + 52253,6) \cdot 0,2 = 45795,3.$$

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	1273
Затраты на оборудование	1271
Затраты на основную заработную плату	155516,9
Затраты на дополнительную заработную плату	18662
Отчисления во внебюджетные фонды	52253,6
Накладные расходы:	45795,3

12.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Бюджет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	1273
Затраты на оборудование	1271
Затраты на основную заработную плату	155516,9
Затраты на дополнительную заработную плату	18662
Отчисления во внебюджетные фонды	52253,6
Накладные расходы:	45795,3

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

Интегральный показатель финансовой эффективности:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения НИР.

$$\Phi_{p1} = 274614 \text{ руб.},$$

$$\Phi_{p2} = 294495,7 \text{ руб.}$$

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{274614}{294495,7} = 0,93,$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{294495,7}{294495,7} = 1.$$

Наиболее приемлемым с точки зрения финансовой эффективности является 1 вариант исполнения.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп1	Исп2
Возможность применения технологии на производстве	0,15	5	3
Удобство эксплуатации	0,2	5	5
Надежность	0,15	5	4
Динамическая точность	0,1	4	4
Стоимость обслуживания	0,15	4	5
Качество регулирования	0,2	5	5
Простота пусконаладочных работ	0,05	3	4
Итого:	1	4,2	4,1

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 = 4,4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,65}{0,93} = 5;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп2}}} = \frac{4,4}{1} = 4,4.$$

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{\text{ср}}$) запишем в общую таблицу.

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	5	4,4
3	Интегральный показатель эффективности	4,65	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,90

Наиболее ресурсно и экономически эффективным является проводимое исследование.

12.6 Выводы по разделу

В данном разделе:

- 1) проведен анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке;
- 2) составлен SWOT-анализ для нашего исследования, в котором были выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы;
- 3) приведена таблица с перечнем этапов, работ и распределением исполнителей;
- 4) определена трудоемкость выполнения работ;
- 5) построена диаграмма Ганта;
- 6) произведены расчеты: материальных затрат, затрат на оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды, накладных расходов. Произведен расчет бюджета затрат НИР, который составил 274614 руб.;
- 7) Рассчитана оценка эффективности НИ. Интегральный показатель финансовой эффективности равен 0,93, интегральный показатель ресурсоэффективности равен 4,65, интегральный показатель эффективности равен 5. При сравнении показателей проектов, проводимое исследование является наиболее финансово выгодным и более эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

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

Тема ВКР:

АСР расхода воздуха приточно-вытяжной вентиляции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: приточно-вытяжная вентиляция Область применения: системы отопления, кондиционирования, вентиляции Рабочая зона: производственное помещение Размеры помещения: 20*25 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: приточный и вытяжной вентиляторы, нагреватель воздуха. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль исправности оборудования.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) – ГОСТ Р 12.0.003-74 "ССБТ. Общие требования к организации и порядку проведения работ по вентиляции". – СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Гигиенические требования к вентиляции, климату и микроклимату производственных помещений" – Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – движущиеся и вращающиеся части производственного оборудования и подъемно-транспортных средств; – острые кромки, заусенцы и шероховатости поверхностей изготавливаемых воздуховодов и фасонных частей; – работа на высоте. <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень общей вибрации; – Повышенный уровень локальной вибрации; – Повышенный уровень шума; – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Длительное сосредоточенное наблюдение. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: каска, подшлемник под каску, наушники противозумные, страховочная или удерживающая привязь (пояс предохранительный),</p>

	виброизолирующие рукавицы, перчатки, защитные ограждения.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на атмосферу: – выбросы гальванического шлама. Воздействие на литосферу: – оседание частиц пыли, масел и сажи.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: – взрыв нагревателя воздуха; – обрушение вентиляционной установки. Наиболее типичная ЧС: – пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Криволапов Иван Иванович		2023

13 Социальная ответственность

13.1 Введение

В данном разделе разработанной ВКР будет проанализирована социальная ответственность и предпринятые меры по безопасности при создании автоматической системы регулирования расхода воздуха приточно-вытяжной вентиляции.

Область применения данной системы - системы отопления, кондиционирования, вентиляции производственных помещений.

Реальными пользователем данной системы могут быть сотрудники, работающие в производственном помещении.

Административное размещение места выполнения работ - производственное помещение компании.

Необходимо дать оценку социальной направленности работы, опираясь на тот факт, что данная система способствует улучшению условий работы сотрудников внутри производственного помещения.

Рабочее место оператора приточно-вытяжной вентиляции включает в себя компьютер и специальное программное обеспечение. Основной трудовой процесс оператора связан с контролем и оптимизацией характеристик вентиляционной системы при помощи сенсоров и других измерительных приборов. Для работы системы необходимы следующие машины: приточный и вытяжной вентиляторы, нагреватель воздуха, датчики температуры, датчики кислорода, устройства автоматического регулирования. Все устройства должны быть установлены согласно требованиям технических принципов безопасности и должны иметь соответствующие сертификаты качества.

Таким образом, на каждом этапе разработки данного проекта уделялось внимание социальной ответственности и безопасности. Контроль параметров микроклимата помещения и обеспечение комфортных условий для работающих является основным приоритетом разработанной автоматической системы.

13.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Промышленная безопасность в РФ обеспечивается системой законодательных и нормативных актов, созданных для всех стадий проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, функционирования, реконструкции и ликвидации производственных объектов [8].

Государство, устанавливая единые нормы и требования промышленной безопасности, осуществляет разрешительную, надзорную и контролирующую функции.

Оператор приточно-вытяжной вентиляции должен обладать специальными знаниями и навыками в области промышленной безопасности, техники безопасности и пожарной безопасности. Кроме того, он должен соблюдать все правовые нормы трудового законодательства, предусмотренные для работников во всех отраслях промышленности.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации [9], работодатель обязан соблюдать следующие требования по обеспечению безопасности работников:

- обеспечить безопасные условия труда, в том числе касательно установки и эксплуатации приточно-вытяжной вентиляции;
- обеспечить работникам необходимые средства защиты, такие как защитные очки, маски, респираторы и т.д;
- обучать работников правилам работы с техникой безопасности и пожарной безопасности, а также проводить периодические инструктажи и тренинги;
- создать надлежащие условия для оказания первой помощи и лекарственной помощи при необходимости.

Кроме того, для обеспечения безопасности оператора приточно-вытяжной вентиляции необходимо соблюдать следующие нормативные документы:

– перед началом работы оператор должен проверить техническое состояние системы вентиляции и убедиться в ее готовности к работе согласно ГОСТ Р 12.0.003-74 "ССБТ. Общие требования к организации и порядку проведения работ по вентиляции" [10];

– оператор должен убедиться в том, что система вентиляции работает в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Гигиенические требования к вентиляции, климату и микроклимату производственных помещений" [11]. Например, он должен следить за температурой и влажностью в помещении, в котором работает система вентиляции;

– согласно Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [12] оператор должен соблюдать требования по технике безопасности и пожарной безопасности при работе с системой вентиляции. Например, он должен знать, как правильно хранить горючие и взрывоопасные вещества в рабочих помещениях.

Соблюдение требований этих документов позволит обеспечить необходимые условия для работы оператора приточно-вытяжной вентиляции с максимальной безопасностью.

13.3 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Эргономические требования также являются важными для обеспечения безопасной работы операторов вентиляции. Правильное расположение и компоновка рабочей зоны включает в себя правильное расположение компьютера, монитора и клавиатуры на столе, а также правильную высоту стула, чтобы работник мог передвигаться и сидеть комфортно во время работы. Кроме того, операторы должны иметь доступ к необходимому оборудованию и инструментам, а также должны быть обучены сохранению правильной позы и регулярному проведению перерывов и упражнений для

уменьшения усталости и предотвращения развития болезней, связанных с работой за компьютером.

Все эти факторы важны для эффективной работы системы приточно-вытяжной вентиляции и обеспечения безопасности работника. Компания должна следить за тем, чтобы все требования и нормы были соблюдены, а работники могли работать в комфортных условиях.

13.4 Производственная безопасность

Большую часть монтажа воздуховодов приходится выполнять на высоте, что осложняет процесс сборки систем вентиляции.

При устройстве систем вентиляции метод монтажа воздуховодов зависит от особенностей проектирования вентиляционных систем, особенностей строительных конструкций, условий монтажа вентиляции, наличия подъемных механизмов.

Наиболее прогрессивный метод монтажа воздуховодов предусматривает предварительную сборку воздуховодов и укрупненные узлы длиной 25-30 м, составленные из прямых участков воздуховодов и фасонных частей.

Технологические цепи современных предприятий состоят из большого количества опасного оборудования, используют опасные вещества и опасные технологические процессы.

Идентификация опасности, выявление условий ее перехода из потенциального состояния в реальное, предсказание зон ее проявления позволят разработать мероприятия по предотвращению ее проявления или снижению тяжести последствий.

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте в производственном помещении

Факторы	Нормативные документы
Движущиеся и вращающиеся части производственного оборудования	Приказ Минтруда РФ от 16.11.2020 г. N 782Н

Продолжение таблицы 31

Острые кромки, заусенцы и шероховатости поверхностей изготавливаемых воздуховодов и фасонных частей	ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к трудовым процессам и производственным условиям"
Работа на высоте	ГОСТ 12.2.003-91 "ССБТ. Охрана труда. Общие требования безопасности"
Повышенный уровень общей вибрации	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях"
Повышенный уровень локальной вибрации	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях"
Повышенный уровень шума	Федеральный закон от 19 июля 1998 года № 126-ФЗ "О безопасности труда"
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СанПиН 2.2.4.1191-03 "Гигиенические требования к освещенности производственных помещений"

Движущиеся и вращающиеся части производственного оборудования:

- источник возникновения фактора: наличие движущихся или вращающихся частей в производственном оборудовании (приточные и вытяжные вентиляторы);

- наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: порезы, ушибы, переломы, смятие конечностей, ампутации, электротравмы;

- нормы: не более 50 об/мин для движущихся частей оборудования и 300 об/мин для деталей оборудования, которые расположены ниже 2 м от уровня пола согласно ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к трудовым процессам и производственным условиям" [13];

- решения: установка ограждений и шлагбаумов, а также обучение работников правилам безопасности по работе с оборудованием.

Острые кромки, заусенцы и шероховатости поверхностей изготавливаемых воздуховодов и фасонных частей:

- Источник возникновения фактора: недостатки в производственном процессе при изготовлении воздуховодов и фасонных частей.

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: порезы, ранения, травмы ушей, шейной и позвоночной колонки.

- Нормы: отсутствуют.

- Решения: регулярная проверка оборудования на наличие острых кромок и шероховатостей, а также использование средств индивидуальной защиты.

Работа на высоте:

- Источник возникновения фактора: необходимость выполнения работ на некоторой высоте.

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: падения с высоты, ушибы и переломы при падениях или использовании подъемно-транспортных средств.

- Нормы: не более 1 м при работе на высоте без использования средств индивидуальной защиты согласно ГОСТ 12.2.003-91 "ССБТ. Охрана труда. Общие требования безопасности" [14].

- Решения: использование средств индивидуальной защиты, регулярное техническое обслуживание и осмотр подъемно-транспортных средств.

Повышенный уровень общей вибрации:

- Источник возникновения фактора: наличие вибрирующих механизмов и оборудования (вентиляторы, нагреватели рекуператоры).

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: повреждение позвоночника, болезни опорно-двигательного аппарата, нарушения нервной системы.

- Нормы: не более $1,3 \text{ м/с}^2$ для зон пребывания работников согласно пункту 4.6.4 "Воздействие вибрации на организм человека и требования к её уровню на рабочих местах" нормативного документа, определяющего допустимые уровни вибрации для зон пребывания работников, - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях" [15];

- Решения: замена устаревшего оборудования, использование ударопоглощающих материалов, и установка амортизаторов.

Повышенный уровень локальной вибрации:

- Источник возникновения фактора: установки кондиционирования воздуха, включая сплит-системы, мультисплит-системы, VRV-системы и другие типы систем, которые могут работать на высоких скоростях потока воздуха и порождать вибрации.

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: нарушения кровообращения и нервной системы, нарушения опорно-двигательного аппарата.

- Нормы: Предельные уровни локальной вибрации указаны в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях" [16]. В соответствии с пунктом 4.6.3 "Допустимые уровни локальной вибрации" данного документа, максимальное время действия в минутах/час должно быть не более:

- 120/8 - для низкочастотных вибраций (до 80 Гц);
- 30/1 - для низкочастотных вибраций (до 80 Гц);
- 12/0,25 - для низкочастотных вибраций (до 80 Гц);
- 7,5/8 - для высокочастотных вибраций (более 80 Гц);
- 2,5/1 - для высокочастотных вибраций (более 80 Гц);
- 1/0,25 - для высокочастотных вибраций (более 80 Гц).

Эти нормы определяют максимально допустимое время воздействия на организм человека в зависимости от уровня частоты и интенсивности вибрации.

- Решения: использование средств индивидуальной защиты, замена портативного оборудования на более современное и менее вибрирующее.

Повышенный уровень шума:

- Источник возникновения фактора: устройства для создания воздушных потоков, такие как воздушные завесы, вентиляционные заслонки; разного рода

затворы и клапаны, используемые в системах приточно-вытяжной вентиляции.

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: потеря слуха, нарушения нервной системы, повышенный уровень артериального давления.

- Нормы: допустимый целевой уровень звукового давления не должен превышать 70 дБА для воздуховодческих работ. Данные нормы указаны в Федеральном законе от 19 июля 1998 года № 126-ФЗ "О безопасности труда" [17] и ГОСТ 12.1.003-83 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" [18]. Согласно пункту 5.5.11 Федерального закона № 126-ФЗ "О безопасности труда" допустимый уровень шума на рабочем месте не должен превышать установленных нормативов. В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83, допустимый целевой уровень звукового давления не должен превышать 70 дБА для воздуховодческих работ.

- Решения: использование средств индивидуальной защиты, замена шумных оборудований на более тихие, применение облицовки стен и потолков для поглощения шума.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения:

- Источник возникновения фактора: отсутствие достаточного количества естественного света, а также недостаточное освещение на производственном участке.

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: зрительные нарушения, усталость глаз.

- Нормы: не менее 300 лк для рабочих зон на промышленных предприятиях. Данные нормы указаны в СанПиН 2.2.4.1191-03 "Гигиенические требования к освещенности производственных помещений" [19]. Согласно пункту 3.2.2 данного документа, для рабочих зон на промышленных предприятиях допустимый минимальный уровень освещенности должен быть не менее 300 лк.

- Решения: использование искусственного освещения на производственном участке, регулярная очистка и обслуживание освещающих приборов.

Длительное сосредоточенное наблюдение:

- Источник возникновения фактора: необходимость проведения работ, требующих длительного сосредоточенного наблюдения (установки кондиционирования воздуха с множеством настроек, которые требуют регулярных проверок и настройки; системы очистки воздуха, которые могут требовать регулярного мониторинга для обеспечения правильной работы и обслуживания).

- Наиболее типичные профессиональные заболевания или травмы: нарушения зрительной функции, головные боли, головокружение.

- Нормы: отсутствуют.

- Решения: для снижения нагрузки на глаза работников, необходимо проводить периодические перерывы на отдых и зарядку для глаз, а также стимулировать правильную посадку за рабочим местом и контролировать ее соблюдение. Обучение правильному использованию и настройке мониторов и защитные очки могут также повысить эффективность предотвращения негативных последствий.

13.5 Экологическая безопасность

13.5.1 Воздействие на литосферу

Основным источником загрязнения воздушного бассейна являются промышленные предприятия. Большую часть промышленных выбросов составляет пыль.

К промышленным предприятиям, выбрасывающим в атмосферу частицы пыли, относятся предприятия черной металлургии, теплоэнергетики, химической, нефтеперерабатывающей, керамической, целлюлозно-бумажной, текстильной, горнорудной и стекольной промышленности.

Атмосферная пыль различного происхождения и химического состава постоянно присутствует в атмосфере. При неполном сгорании топлив образуется сажа, которая представляет собой высокодисперсный нетоксичный порошок, на 90—95% состоящий из частиц углерода. Особую опасность для человека представляют токсические тонкодисперсные пыли с размером частиц 0,5—10 мкм, поступающие в атмосферу с вентиляционными выбросами и легко проникающие в органы дыхания.

Основные задачи любой системы очистки атмосферного воздуха на предприятии сводятся к:

- Улавливанию частиц — остатков продуктов горения, пыли, аэрозольных частиц и т.д. для их последующей утилизации;
- Отсеиванию посторонних примесей — пара, газов, радиоактивных компонентов;
- Улавливанию ценных частиц — отсеивание от основной массы частиц, сохранение которых имеет экономическое обоснование, к примеру оксидов ценных металлов.

13.5.2 Воздействие на атмосферу

Приточно-вытяжная вентиляция может оказывать влияние на атмосферу через выбросы в нее различных веществ, которые генерируются в процессе работы системы. Например, выхлопные газы от газовых нагревателей воздуха могут содержать оксиды азота и серы, которые загрязняют атмосферу и способствуют изменению климата. Если система не оборудована фильтрами или они не являются исправными, то в атмосферу могут попадать вредные пары и частицы, такие как дым, пыль, вредные газы или аллергены.

Кроме того, сам процесс работы приточно-вытяжной вентиляции может потреблять энергию, которая генерируется на электростанциях. При производстве электроэнергии также могут выделяться вредные выбросы в окружающую среду, которые могут оказывать отрицательное влияние на климат.

Поэтому важно обеспечить эффективную и правильную работу вентиляционной системы, используя высококачественные фильтры и по возможности переходя на использование экологически чистых источников энергии.

13.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей, которые вызвала авария, катастрофа, эпидемия, стихийное бедствие, которые привели или могут привести к человеческим и материальным потерям, заражению людей и животных. По характеру ЧС могут быть техногенными, природными, биологическими, социальными или экологическими [20].

Возможные ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта: взрыв нагревателя воздуха, обрушение вентиляционной установки, а также пожар.

Одна из самых типичных чрезвычайных ситуаций – возникновение пожара.

В комплекс мер профилактики пожаров на производствах входят:

- организация размещения средств тушения в помещениях;
- организация пожарных дружин из состава персонала подразделений производства для первичной борьбы с пожарами и снижения ущерба;
- организация эвакуации людей с производственной территории наиболее безопасными для жизни и здоровья путями в различных вариантах развития пожаров;
- проведение тренировок по эвакуации людей в случае пожара;
- периодический анализ возможных сценариев развития пожарной обстановки.

Для класса пожара F, который охватывает пожары жиров и масел, требуется оснащать помещения огнетушителями, которые могут быть использованы для тушения такого вида пожаров. Согласно Правилам

пожарной безопасности в Российской Федерации [21], помещения класса F должны быть оснащены огнетушителями следующих видов:

- огнетушители порошковые ПС-10 с массой заряда не менее 10 кг;
- огнетушители углекислотные (двухкгашенные) УД-10 с массой заряда не менее 10 кг.

Кроме того, в производственных помещениях с возможностью возникновения пожара жиров и масел рекомендуется (но не является обязательным) устанавливать автоматические огнетушители, которые работают при срабатывании специальных датчиков.

Места установки огнетушителей должны быть выбраны оптимально с учетом возможности их быстрого доступа в случае возникновения пожара, а также безопасности для сотрудников и оборудования. Рекомендуется проводить инструктаж для сотрудников по использованию огнетушителей и проводить ежегодную проверку работоспособности установленных средств тушения.

Вывод по разделу

В выводе данной разработки необходимо отметить, что все потенциально возможные факторы безопасности были приведены к регламентированным значениям в соответствии с требованиями нормативной документации. Категория помещения по электробезопасности определена как III, группа персонала - III. Категория тяжести труда по СанПиН 1.2.3685-21 составила 2 [22]. Помещения по взрывопожарной и пожарной опасности относятся к категории D [23].

Также важно отметить, что создание данной системы учитывало социальную ответственность и поддержание безопасных условий труда для сотрудников производственного помещения. Контроль параметров микроклимата помещения и обеспечение комфортных условий для работающих - основной приоритет разработанной автоматической системы.

Наконец, категория объекта, оказывающего значительное негативное воздействие на окружающую среду, указана как III класс - "Населенные пункты и промышленные объекты, необходимые для функционирования социальной сферы, коммунально-бытового обслуживания и элементов инфраструктуры" [24].

Таким образом, создание данной автоматической системы регулирования расхода воздуха приточно-вытяжной вентиляции учитывает не только социальные аспекты, но и обеспечивает безопасность и удобные условия труда для работающих в помещении.

Заключение

В ходе данной работы была проведена серия экспериментов с приточно-вытяжной вентиляцией. Разработана автоматическая система регулирования расхода воздуха системы приточно-вытяжной вентиляции. Была составлена схемотехническая и конструкторская документация в виде:

- структурная схема;
- функциональная схема;
- электрическая схема щита автоматизации;
- монтажная схема внешних проводок;
- общий вид щита управления;
- заказная спецификация приборов и средств автоматизации.

Также были разработаны разделы “Социальная ответственность” и “Финансовый менеджмент”. В разделе “Социальная ответственность” были рассмотрены основные вредные факторы, связанные с производством. В разделе “Финансовый менеджмент” были рассчитаны основные затраты на разработку проекта.

Список использованных источников

1. Рогова Т. Н. Конструирование устройств местной вытяжной вентиляции //Проблемы безопасности российского общества. – 2018. – №. 1. – С. 16-19.
2. Здитовецкая С. В., Володин В. И. Исследование эффективности утилизации теплоты в системах приточно-вытяжной вентиляции //Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2014. – №. 2. – С. 91-96.
3. Zhdanova A. et al. Influence of compartment fire behavior at ignition and combustion development stages on the operation of fire detectors //Fire. – 2022. – Т. 5. – №. 3. – С. 84.
4. Kuznetsov G. V. et al. Optimizing firefighting agent consumption and fire suppression time in buildings by forming a fire feedback loop //Process Safety and Environmental Protection. – 2022. – Т. 165. – С. 754-775.
5. Alarie Y. Toxicity of fire smoke //Critical reviews in toxicology. – 2002. – Т. 32. – №. 4. – С. 259-289.
6. Tong Y. et al. Prediction of natural and hybrid ventilation performance used for fire-induced smoke control in a large single space //Fire Safety Journal. – 2018. – Т. 100. – С. 20-31.
7. Ягьяева Л. Т., Ахметханов А. А. Автоматизированная система управления приточно-вытяжной вентиляции //Вестник казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 22. – С. 264-266.
8. Хоменко А. О., Ерофеева А. В. Промышленная безопасность //Промышленная безопасность. – 2018. – С. 7.
9. Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст]: от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022, с изм. от 11.04.2023) // Собрание законодательства РФ. – 07.01.2002 – № 1 (ч. 1). – Ст. 91.
- 10.ГОСТ Р 12.0.003-74 "ССБТ. Общие требования к организации и порядку проведения работ по вентиляции".

11. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 "Гигиенические требования к вентиляции, климату и микроклимату производственных помещений".
12. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
13. ГОСТ 12.1.007-76 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к трудовым процессам и производственным условиям"
14. ГОСТ 12.2.003-91 "ССБТ. Охрана труда. Общие требования безопасности"
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях"
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда в производственных и других негосударственных учреждениях"
17. Федеральный закон от 19 июля 1998 года № 126-ФЗ "О безопасности труда"
18. ГОСТ 12.1.003-83 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" [11]
19. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Гигиенические требования к освещенности производственных помещений"
20. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.
21. Телеуца М. С. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. Основные нормативно-правовые документы пожарной безопасности //Редакционная коллегия. – 2022. – С. 364.
22. СанПиН 1.2.3685-21. Организация работы с газообразными радиоактивными веществами

23. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года N 1479, «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
24. Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ "О защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"