



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
ООП/ОПОП Интеллектуальные системы автоматизации и управления
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Разработка автоматизированной системы управления установки декарбонизации воздушной смеси

УДК 681.51:66-911.074.332

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Жгута Вадим Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

Нормоконтроль (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ОАР ИШИТР	Кучман Алёна Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		13.06.2023

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

по направлению 15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать 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 использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации

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

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



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Цавнин А.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Жгута Вадим Андреевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления установки декарбонизации воздушной смеси	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-90/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Лабораторный стенд по изучению процесса декарбонизации воздуха электростатическим фильтром</p>
---	---

<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературных источников по приведённой тематике. 2. Исследование зависимости эффективности конверсии углекислого газа от напряжения, питающего ионизатор. 3. Проведение ряда экспериментов в различных условиях. 4. Разработка модели системы автоматизированного управления электростатическим фильтром. 5. Проектирование автоматизированной системы управления. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исходный код математической модели. 2. Блок-схема алгоритма работы математической модели. 3. Схема модели системы управления фильтром. 4. Структурная схема автоматизации проекта. 5. Функциональная схема автоматизации проекта. 6. Схема внешних соединений.
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Профессор ОСГН ШБИП, Гасанов Магеррам Али оглы</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Старший преподаватель ООД, Мезенцева Ирина Леонидовна</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>03.02.2023</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР ТПУ</p>	<p>Леонов Сергей Владимирович</p>	<p>к.т.н.</p>		<p>03.02.2023</p>

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8Т92</p>	<p>Жгута Вадим Андреевич</p>		<p>03.02.2023</p>



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

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень образования Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения Весенний семестр 2022 /2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
8Т92	Жгута Вадим Андреевич

Тема работы:

Разработка автоматизированной системы управления установки декарбонизации воздушной смеси

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
02.06.2023 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
06.06.2023 г.	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР ТПУ	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н.		03.02.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Жгута Вадим Андреевич		03.02.2023

Реферат

Пояснительная записка содержит 111 страниц (с учётом приложений), 32 рисунка, 28 таблиц и 30 литературных источников.

Данная квалификационная работа посвящена разработке автоматизированной системы управления установкой декарбонизации воздушной смеси.

Ключевые слова: озонатор, электростатический фильтр, система автоматизированного управления, декарбонизация, модель.

Объектом исследования является лабораторный стенд изучения процесса декарбонизации воздуха с озонатором, выступающим в качестве электростатического фильтра.

Цель работы - провести исследование зависимости показателя эффективности работы системы декарбонизации от питающего напряжения ионизатора и спроектировать систему автоматизированного управления электростатическим фильтром с приоритетом поддержания максимального коэффициента эффективности процесса.

В процессе работы было проведено исследование объекта управления и спроектирована система автоматизированного управления электростатическим фильтром.

Область применения: промышленные предприятия и среды с частичной или полной изоляцией воздушной среды.

Результаты работы могут быть представлены к дальнейшей модернизации и коммерциализации проекта.

Содержание

Реферат	10
Введение.....	14
Обозначения и сокращения.....	15
1. Обзор литературных источников	16
1.1 Современное использование электростатических фильтров на промышленных предприятиях по переработке углеводородов	16
1.2 Обзор конструкций электростатических фильтров.....	19
1.3 Анализ эффективности процесса плазменной конверсии оксидов углерода.....	29
2. Проектирование автоматизированной системы управления.....	36
2.1 Техническое задание.....	36
2.2 Описание эксперимента.....	37
2.3 Описание модели управления.....	41
2.4 Требования к проекту	45
2.4.1 Требования по технике безопасности.....	45
2.4.2 Характеристика объектов автоматизации	46
2.4.3 Требования к структуре и функционированию системы	46
2.4.4 Требования к техническому обеспечению	47
2.4.5 Требования к информационному обеспечению	48
2.4.6 Требования к метрологическому обеспечению.....	48
2.5 Структурная схема автоматизации проекта	49
2.6 Функциональная схема автоматизации проекта.....	49
2.7 Описание технологического процесса.....	50
2.8 Выбор оборудования.....	52
2.8.1 Программируемый логический контроллер	52
2.8.2 Регулятор напряжения.....	53
2.8.3 Датчик давления.....	55

2.8.4 Датчик температуры	56
2.8.5 Расходомер	57
2.8.6 Датчик углекислого газа	58
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
3.1.1 Введение.....	62
3.1.2 Потенциальные потребители результатов исследования	62
3.1.3 Анализ конкурентных технических решений.....	64
3.1.4 Технология QuAd	66
3.1.5 SWOT-анализ.....	68
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	70
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	70
3.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ	71
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	72
3.3 Бюджет научно-технического исследования	75
3.3.1 Расчёт материальных затрат НТИ	76
3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ	76
3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	77
3.3.4 Расчёт дополнительной заработной платы.....	79
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	79
3.3.6 Накладные расходы.....	80
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	81
3.3.8 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования	81
4 Социальная ответственность	87

4.1 Введение.....	87
4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте	88
4.3 Производственная безопасность	90
4.2.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	90
4.2.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений	91
4.2.3 Отклонение показаний микроклимата.....	92
4.2.4 Повышенное значение напряжения в электрической цепи на пластинах ионизатора.....	93
4.2.5 Возможность отравления озоном.....	94
4.3 Экологическая безопасность.....	94
4.3.1 Литосфера	95
4.3.2 Селитебная зона	96
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
4.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»	99
Заключение	101
Список источников	102
Приложение А (обязательное) Структурная схема автоматизации.....	105
Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	107
Приложение В (обязательное) Схема внешних соединений	109
Приложение Г (обязательное) Код и блок-схема математической модели ..	111

Введение

Автоматизация играет все более значимую роль в современном мире и является одним из ключевых факторов прогресса и развития. Она охватывает широкий спектр сфер деятельности, начиная от промышленного производства и заканчивая повседневными задачами в домашней среде. В настоящее время автоматизация проникает во все аспекты жизни, обеспечивая более эффективное функционирование и улучшение качества жизни.

В рамках данной выпускной квалификационной работы будет рассмотрен вопрос автоматизации системы управления установок декарбонизации воздуха электростатическими фильтрами, принцип действия которых основан на процессе плазменного пиролиза углекислого газа.

Цель работы: провести исследование зависимости показателя эффективности работы системы декарбонизации от питающего напряжения ионизатора и спроектировать систему автоматизированного управления электростатическим фильтром с приоритетом поддержания максимального коэффициента эффективности процесса.

Обозначения и сокращения

САР – система автоматического регулирования;

АСУ – автоматизированная система управления;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ТП – технологический процесс;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ТРН – тиристорный регулятор напряжения;

ЭСФ – электростатический фильтр.

1. Обзор литературных источников

Современное использование электростатических фильтров на промышленных предприятиях по переработке углеводородов

В России существует значительное количество предприятий по переработке углеводородов, которые применяют электростатические фильтры для очистки выбросов от различных загрязнений. Одним из крупнейших и наиболее известных производителей, использующих электростатические фильтры, является ООО "ЛУКОЙЛ".

На производственных объектах ЛУКОЙЛ применяются электростатические фильтры для очистки выбросов от тяжелых металлов, кислот, оксидов азота и других загрязнений. Также эти фильтры применяются для очистки газовых выбросов от техногенных запахов и сокращения выбросов углеводородов в атмосферу.

ООО "Лукойл" - одна из крупнейших нефтегазовых компаний в России и в мире, которая активно использует современные технологии для очистки выбросов на своих производственных объектах. Для этого компания применяет электростатические фильтры.

Электростатические фильтры ООО "Лукойл" являются частью комплексной системы очистки газовых выбросов, включающей также каталитические и сорбционные фильтры. Они используются для удаления мелких частиц твердых веществ и капель жидкости из газовых потоков.

Принцип действия электростатического фильтра основан на зарядке частиц в газовом потоке и их сборе на электрически заряженных поверхностях. Это позволяет достичь очень высокой эффективности очистки, более чем 99%, при этом сохраняя низкий уровень сопротивления прохождению газа через фильтр.

В производственных объектах ООО "Лукойл" электростатические фильтры используются на различных стадиях производства, включая

переработку нефти и газа, производство нефтехимических продуктов, а также на нефтеперерабатывающих заводах.

Благодаря использованию современных электростатических фильтров, компания ООО "Лукойл" значительно снижает выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшает экологическую обстановку в районах, где расположены ее производственные объекты.

Кроме ЛУКОЙЛа, электростатические фильтры применяются на других предприятиях по переработке углеводородов, таких как ООО "Газпромнефть-Москва рефинери", ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим", ООО "ТАНЕКО" и другие. Эти предприятия активно внедряют современные технологии и оборудование, в том числе электростатические фильтры, для сокращения вредного воздействия на окружающую среду и соблюдения нормативных требований.

ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим" - один из крупнейших производителей нефтехимической продукции в России, который также активно использует современные технологии для очистки выбросов на своих производственных объектах. Для этого компания применяет электростатические фильтры, которые отличаются от фильтров, используемых на ООО "ТАНЕКО".

Электростатические фильтры ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим" являются одним из этапов комплексной системы очистки газовых выбросов, которая также включает каталитические и сорбционные фильтры. Они используются для удаления мелких частиц твердых веществ и капель жидкости из газовых потоков.

Основное отличие электростатических фильтров ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим" от фильтров, используемых на ООО "ТАНЕКО", заключается в конструктивных особенностях. Электростатические фильтры ООО

"Газпромнефть-Омскнефтехим" имеют более сложную конструкцию и состоят из нескольких секций, каждая из которых оснащена своими электродами.

Принцип действия электростатических фильтров ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим" также основан на зарядке частиц в газовом потоке и их сборе на электрически заряженных поверхностях. Однако, за счет более сложной конструкции, эти фильтры имеют более высокую эффективность очистки газовых потоков, чем фильтры, используемые на ООО "ТАНЕКО". Более того, электростатические фильтры ООО "Газпромнефть-Омскнефтехим" способны обеспечить высокую эффективность очистки даже при высоких температурах и концентрациях загрязняющих веществ.

Кроме того, электростатические фильтры используются на многих других предприятиях по переработке углеводородов в России, включая ОАО "Танесо" в Нижнекамске, ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз" в Ханты-Мансийске и другие.

ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз" - это одно из крупнейших нефтегазовых предприятий в России, которое активно использует электростатические фильтры для очистки воздуха от выбросов производственных отходов.

Основная особенность электростатических фильтров на предприятиях "Славнефть-Мегионнефтегаз" заключается в их способности работать в условиях сильного загрязнения и высокой температуры. Фильтры имеют особую конструкцию, которая позволяет им обрабатывать большие объемы воздуха и улавливать частицы даже мельче, чем 1 микрон. Кроме того, фильтры оснащены автоматической системой очистки, которая позволяет поддерживать высокую эффективность очистки и продлевать срок службы фильтров.

Таким образом, электростатические фильтры на предприятиях ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз" отличаются высокой производительностью,

надежностью и эффективностью очистки воздуха от загрязнений. Они также обладают уникальной конструкцией, которая позволяет им работать в экстремальных условиях высокой температуры и сильного загрязнения.

Уникальной особенностью электростатических фильтров, используемых на предприятиях ОАО "Славнефть-Мегионнефтегаз", является специальный вентиляционный механизм, который обеспечивает автоматическую очистку электродов от накопившейся на них пыли и грязи. Кроме того, эти фильтры оснащены системой мониторинга, которая позволяет контролировать уровень загрязнения и эффективность работы фильтра.

Одним из примеров успешной реализации проекта по использованию электростатических фильтров является нефтеперерабатывающий завод "Танэко". В рамках этого проекта были установлены новейшие электростатические фильтры, которые позволили значительно улучшить качество воздуха в районе завода и значительно снизить уровень выбросов.

Таким образом, современные Российские предприятия по переработке углеводородов широко используют электростатические фильтры для очистки выбросов производства. Благодаря этому, они снижают негативное воздействие на окружающую среду и улучшают качество воздуха в регионе.

.2 Обзор конструкций электростатических фильтров

В этом параграфе рассмотрим типовые конструкции фильтров, приведённых в различных литературных источниках по данной тематике. Целью этого параграфа является выявление конструкционных закономерностей в фильтрах разных моделей. Совершенно очевидно, что даже при внешних морфологических или габаритных отличиях, принцип действия фильтров основан на одном и том же физическом процессе, пусть и в разных масштабах. А значит представляется возможной систематизация этих

морфологических особенностей, на основании которой в дальнейшем можно будет разработать собственный электростатический фильтр.

Рассмотрим типовой электростатический фильтр, использующийся для очистки пылегазовоздушного потока от химически активных соединений, мелких взвешенных частиц и мельчайших капель воды (рисунок 1) [1].

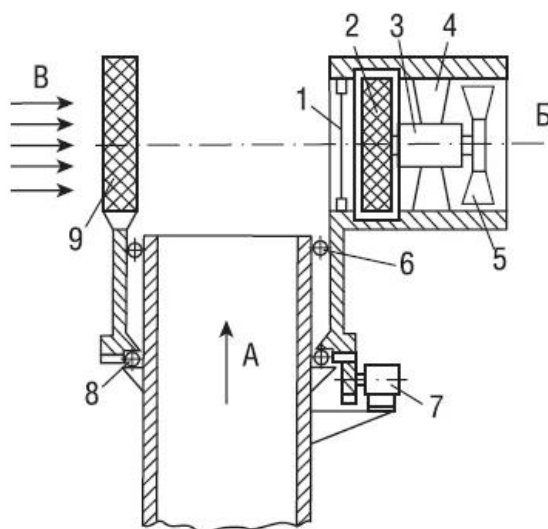


Рисунок 1 – Схема электрофильтра для очистки воздуха

Стрелкой А обозначен воздушный поток, поступающий на очистку внутри фильтра. Цифрой 1 обозначена система электродов, создающих коронные разряды. Данная система направлена вдоль движения воздушного потока, подлежащего очистке, и подключена к источнику питания. Под цифрой 2 обозначен осадительный электрод, под цифрой 3 – электропривод, под цифрой 4 – опоры электропривода. Стрелкой Б обозначено направление выхода уже очищенного воздушного потока. Данная система работает следующим образом: Направление воздушного потока А может быть скорректировано системой подшипников 6 и 8, управляемых приводом под номером 7. Также для лучшей коррекции работы в фильтре установлена дополнительная система вентиляторов В, защищенных сеткой 9 и создающих поток движения, направленный на фильтрационную систему. Система коронных разрядов ионизирует проходящий через неё воздух, что

способствует притягиванию этих ионов к осадительному электроду. Электрически заряженные аэрозольные частицы, такие как мелкий мусор, пыль и капли влаги также притягиваются к электроду. Осадительный электрод имеет пористую структуру и вращается с помощью привода. Во время прохождения дисперсной среды через вращающийся электрод, мелкие капли воды и конденсат проникают внутрь его пор, смачивая стенки и заполняя капилляры электрода водой. Это позволяет эффективнее задерживать пыль и мелкий сор, находящийся в газовой смеси и беспрепятственно пропускать дальше очищенный воздух. Вследствие вращения осадительного электрода возникают центробежные силы, которые выносят скопившиеся капли конденсата к кольцевой проточке, имеющей отверстия для слива воды в дренажную систему.

Как мы видим, такая конструкция фильтра эффективна не столько для химической очистки воздуха, сколько для его очистки от пыли и влаги. Очевидно, что этот фильтр предназначен для работ в местах с повышенной влажностью, что, кстати, может снизить эффективность самой электростатической системы. Система коронных разрядов здесь скорее выполняет роль «магнита» для капель воды, летящих на электрод.

Далее рассмотрим следующую конструкцию фильтра (рисунок 2), предназначенного для работы в условиях сильно загрязнённого сухого воздуха, например, на предприятиях, сжигающих твердотельное топливо.

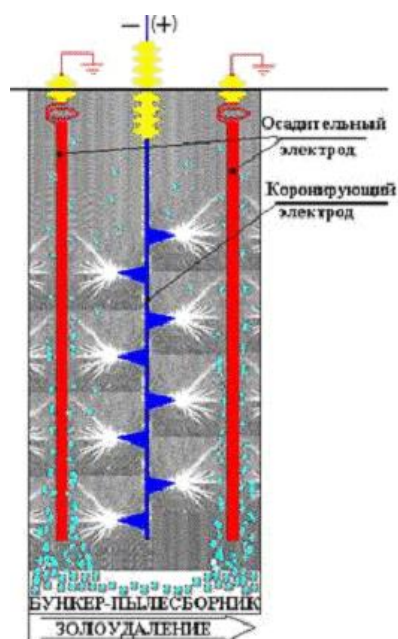


Рисунок 2 – Схематическое изображение электрофильтра

Как видно исходя из рисунка 2, фильтр представляет из себя систему коронных разрядов, окружённых осадительными электродами. Метод работы такого фильтра аналогичен предыдущему варианту, однако сама конструкция фильтра сильно упрощена ввиду отсутствия необходимости в улавливании капель воды.

В результате прохождения загрязнённого воздуха через такие фильтры, взвешенные частицы гари и пыли электризуются и притягиваются к осадительным электродам, которые впоследствии могут быть очищены, а вся зола и пыль попадут в бункер-пылесборник.

На практике эффективность систем с такими фильтрами повышают путём объединения нескольких подобных фильтров в одну последовательную цепь (рисунок 3).

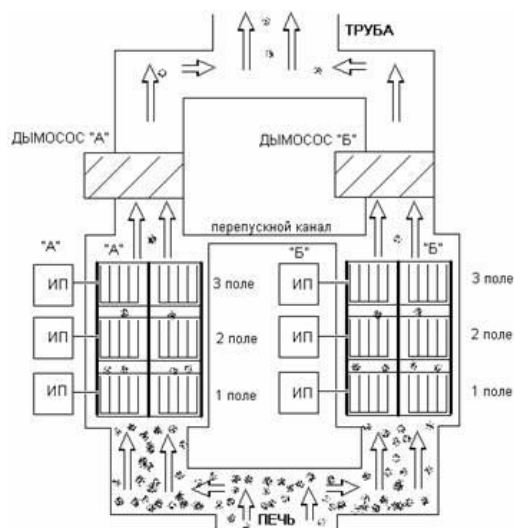


Рисунок 3 – Пример использования системы электрофильтров в промышленном исполнении.

Можно отметить то, что на представленной схеме имеется два независимых друг от друга канала с отдельными системами фильтров и дымоотвода. Вероятнее всего, такое исполнение связано с возможностью попеременного использования одного из каналов в то время как другой проходит очистку или же, находится в неисправном состоянии. Также стоит обратить внимание на то, что в данной системе у каждого из электрофильтров имеется свой независимый источник питания, что даёт возможность лучшего управления всей системой фильтрации в целом и каждым её элементов в частности.

Далее рассмотрим конструкцию электростатического фильтра, запатентованную Цыпкиным Валентином Юрьевичем в 2018 году (рисунок 4-5) [2].

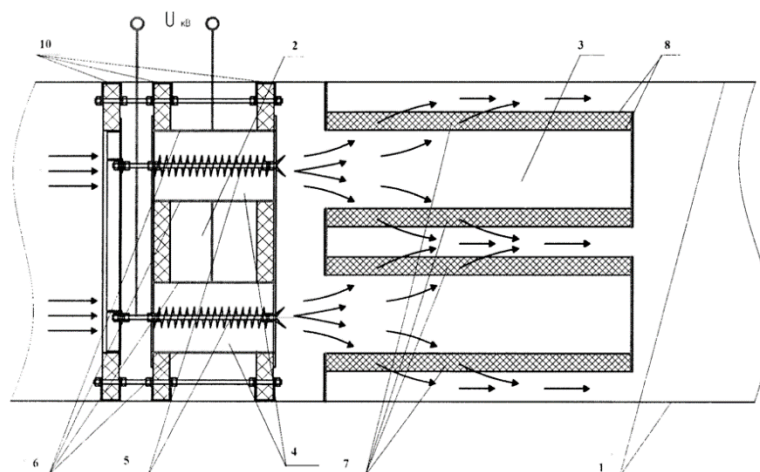


Рисунок 4 – Первый вариант конструкции фильтра Цыпкина

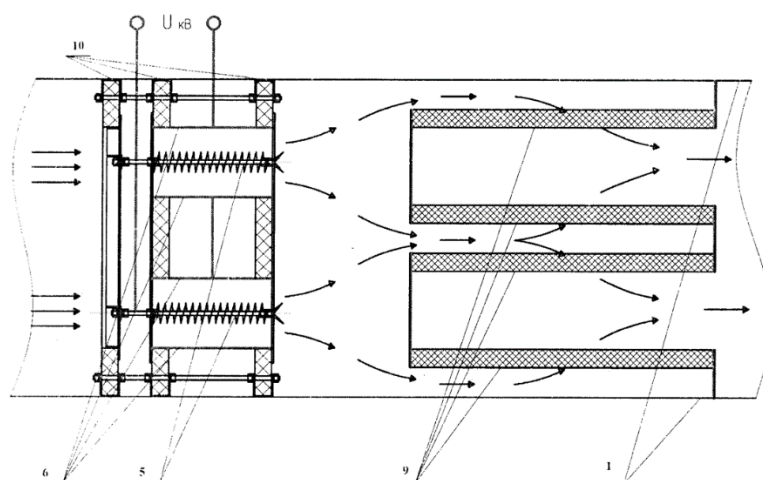


Рисунок 5 – Второй вариант конструкции фильтра Цыпкина

Данный фильтр является кассетным и его конструктивные особенности предполагают замену фильтрационных кассет в ходе эксплуатации. Рассмотрим строение фильтра подробнее на примере рисунка 4. Цифрой 1 обозначен корпус фильтра, внутри которого располагаются ионизационная камера 2 и осадительная камера 3. Ионизационная камера состоит из ионизаторов 4, количество которых может варьироваться в зависимости от конкретных условий работы фильтра. Каждый ионизатор имеет в себе коронирующий электрод 5, выполненный в форме ёршика и некоронирующий электрод 6 в форме полого цилиндра. Осадительная камера содержит в себе кассеты 8, внутри которых размещены волокнистые фильтры 7. Количество

кассет также может варьироваться. Под номером 10 обозначены изоляторы для корпуса фильтра.

Отличие второго варианта фильтра от первого заключается в том, что во втором варианте волокнистый фильтр сам по себе выполнен в форме цилиндра 9 и не находится внутри кассет.

Для ионизатора 4 необходимо, чтобы его коронирующие 5 и некоронирующие 6 электроды имели длину от 50 мм до 300 мм. Скорость воздушного потока через ионизатор должна быть не менее 2 м/с, иначе электроды быстро зарастают. Если скорость выше 2 м/с, то пыль проскакивает через ионизатор, не оседая на электродах. Если длина электродов меньше 50 мм, то в воздушном потоке, проходящем через фильтровальное полотно, будет недостаточное количество ионов для эффективной очистки. При высоких скоростях обдува ионизатора (более 10 м/с) необходима длина электродов более 50 мм. Длина электродов более 300 мм не увеличивает количество ионов в воздушном потоке после ионизатора, если скорость воздушного потока не превышает 20 м/с. При скорости воздушного потока более 20 м/с возникает резкое увеличение аэродинамического сопротивления и появление нежелательных звуковых колебаний.

Данный фильтр является сборным проектом одного человека и рассчитан на локальную очистку воздуха в малых объёмах, однако можно найти примеры применения похожей системы в промышленных масштабах.

Для рассмотрения такого примера обратимся к компании STRDA, специализирующейся на выпуске электростатических фильтров. Рассмотрим конструкцию такого фильтра (рисунок 6) и некоторые его детали [3].

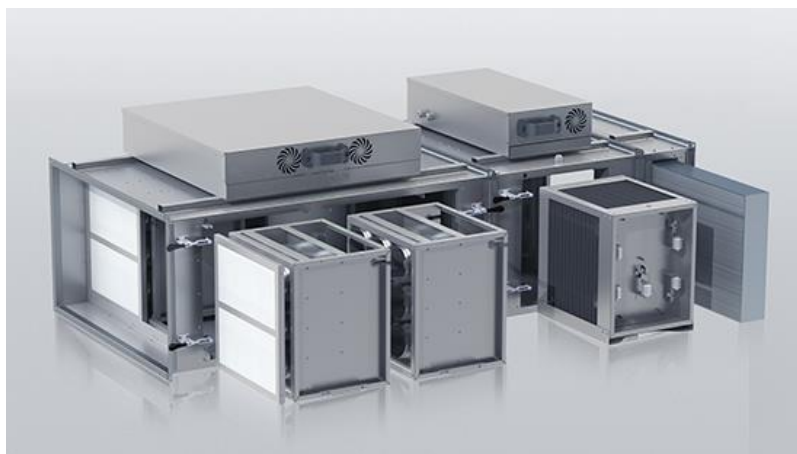


Рисунок 6 – Промышленный фильтр компании STRADA

Особый интерес здесь представляет то, что в отличие от всех предыдущих фильтров, данный фильтр является модульным. Модули фильтра свободно присоединяются друг к другу и, в случае необходимости, так же свободно могут быть заменены в случае неисправности или аварии [4].

Фильтр состоит из трёх основных модулей – электростатический (ионизирующий) модуль (рисунок 7), секция осаждения (рисунок 9) и модуль һера-адсорбционной фильтрации (рисунок 10). Рассмотрим каждый из них по порядку:



Рисунок 7 – Электростатический модуль

Электростатический модуль, как и в большинстве подобных фильтров, представляет из себя камеру с коронирующими и осадительными электродами (рисунок 8). В данной системе коронирующие электроды выполнены в форме, похожей на описание аналогичных элементов из патента выше.



Рисунок 8 – Коронирующий электрод в фильтрах STRADA

Секция осаждения представляет из себя систему пластин, на которых впоследствии оседает угольная пыль и мелкий мусор. Изображение секции осаждения и адсорбционной фильтрации приведены ниже:



Рисунок 9 – Секция осаждения

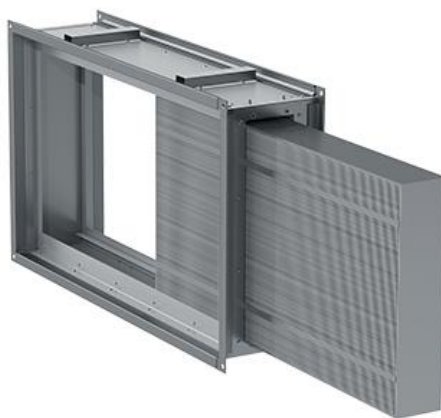


Рисунок 10 – Модуль hera-адсорбционной фильтрации

Преимуществом такого типа фильтров безусловно является удобство в эксплуатации и обслуживании, однако очевидно, что реализация такой конструкции дорога, а также возникает необходимость более тщательно рассматривать вопросы герметизации такой системы, поскольку любые места

стыка модулей потенциально могут являться местами утечек неочищенных или опасных смесей.

Однако же все рассмотренные выше фильтры являли собой системы очистки газовых смесей от содержащихся в них примесей, пыли, грязи и влаги, но они не были нацелены на разложение углекислого газа до отдельного двухатомного углерода и кислорода. Крайне мало примеров промышленного исполнения подобных систем. В основном, все они являются лабораторными, поэтому имеет смысл рассмотреть строение одного из таких лабораторных стендов с целью изучения его внутреннего устройства.

Итак, на рисунке ниже представлено схематическое изображение плазмотрона (рисунок 11), собранного сотрудниками института прикладной физики Российской академии наук Нижнего Новгорода [5]:

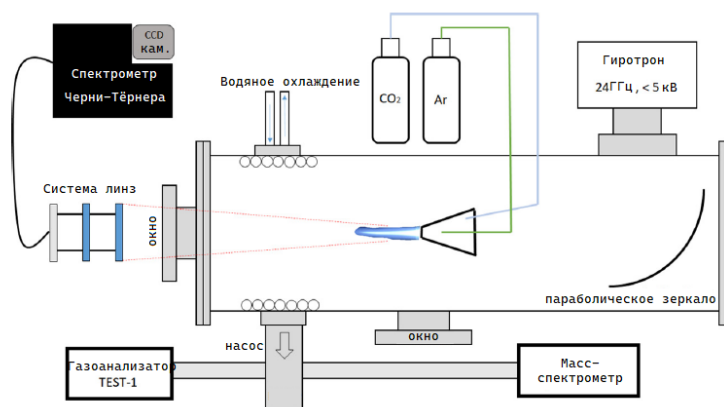


Рисунок 11 – Плазмотрон

Данная лабораторная установка оснащена оптической системой для отслеживания процесса плазменной ионизации. Помимо того, происходит непрерывный контроль состояния и состава газовой смеси внутри камеры с помощью подключённого газоанализатора. Плазма, как мы можем наблюдать, генерируется с помощью гиротрона, создающего сверхвысокочастотный разряд 24 ГГц с мощностью от 0,1 до 5 кВт.

Однако, наибольший интерес в этой схеме представляет не система наблюдения за экспериментом, а подключённый к ионизирующей камере

резервуар с аргоном, который неразрывно связан с результатами эксперимента. Назначение этого резервуара будет описано в следующем параграфе.

1.3 Анализ эффективности процесса плазменной конверсии оксидов углерода

В данном параграфе будут описаны результаты исследований вопросов эффективности рассматриваемого процесса в рамках проведения серий аналогичных экспериментов, а также потенциальные способы повышения эффективности этого процесса.

Для начала стоит отметить, что промышленные электростатические фильтры используются для очистки воздуха от витающих в нём взвешенных частиц. Производители и эксплуататоры таких фильтрационных систем отмечают высокую их эффективность по сравнению с остальными видами промышленных фильтров, таких как механические, губчатые или угольные фильтры. Отмечается, что каскадные системы из электростатических способны улавливать 99,9 % пылевых частиц.

Однако в рамках данной работы нас интересует не столько степень очистки промышленных загрязнений, сколько степень конверсии углекислого газа и выработка кислорода. В связи с этим определимся с основными понятиями:

Эффективность – отношение числа молекул углекислого газа, которые прошли диссоциацию к общему числу молекул CO₂, прошедших через разряд и/или систему разрядов за единицу времени.

Энергоэффективность – отношение энергии, затраченной на диссоциацию молекул углекислого газа к объёму энергии, затраченному на создание и поддержание разряда и/или системы разрядов.

Команда исследователей из Российской академии наук выявила следующие результаты в ходе исследований эффективности процесса плазменной конверсии при нормальных условиях:

Диэлектрические барьерные разряды передают высокую энергию электронам (порядка 2-3 эВ) и вследствие этого эффективность процесса составляет 40%, однако энергоэффективность при использовании разрядов такого типа составляет лишь около 10 %.

Скользющие дуговые разряды выдают прямо противоположную картину. Их эффективность составляет лишь 10 %, но энергоэффективность колеблется в диапазоне от 30 % до 40 %.

Также сотрудники РАН попытались промоделировать данные процессы при различных показателях температуры и давления, а также проверить подобные эксперименты других учёных. Результаты оказались следующими:

При низком давлении (100-200мм рт.ст.) средняя энергия электронов была оптимальной для колебательного возбуждения молекул углекислого газа и их дальнейшей диссоциации. При таких условиях процесс проходит с эффективностью 10-25 %, в то время как коэффициент энергоэффективности составляет 40-50 %.

Помимо того, подобными исследованиями занималась группа учёных под руководством И.Белова. Команде Белова удалось получить результаты эффективности в 12,3 % и энергоэффективности в 74,9 % при давлении 200 мБар (150мм рт. ст.), а также показатели эффективности в 11,6 % и энергоэффективности в 13,5 % при 1 Бар (750 мм рт. ст.) давлении.

Из этих результатов можно наглядно проследить несколько зависимостей:

- при Н.У. эффективность процесса колеблется в районе 10 ± 5 %;
- при понижении давления показатели как эффективности, так и энергоэффективности повышаются.

Учёные Российской академии наук и команда из университета западной Вирджинии, проводившая подобные эксперименты, пришли к выводу о том, что добавление в изначальную газовую смесь некоторого количества инертных газов (в обоих экспериментах использовался аргон) способно значительно повысить эффективность процесса плазменной конверсии за счёт более равномерного распределения энергии в области разряда.

Также были проведены исследования при разных скоростях расхода газовой смеси, соотношении углекислого газа и аргона в ней, мощностях и частотах и давлениях. Результаты этих исследований приведены ниже:

Исследования эффективности и энергоэффективности процесса при разных объёмных соотношениях газов (рисунок 12-13):

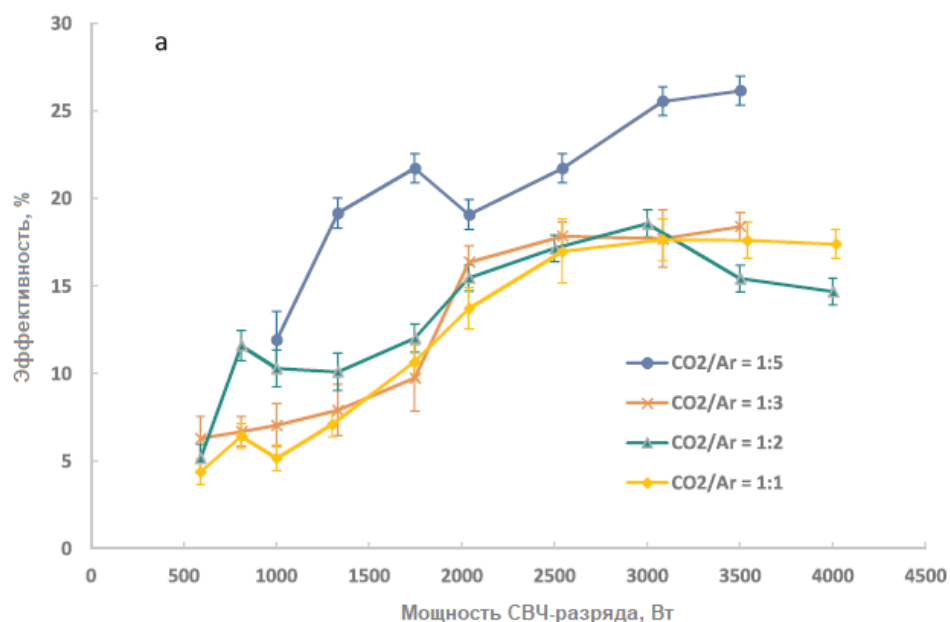


Рисунок 12 – Эффективность при разных соотношениях газов

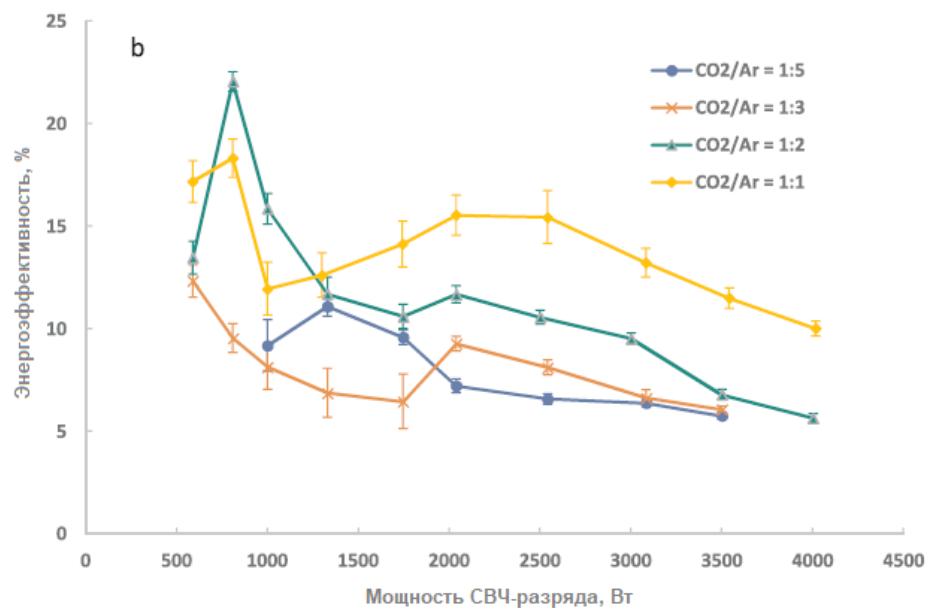


Рисунок 13 – Энергоэффективность при разных соотношениях газов

Графики результатов исследований эффективности и энергоэффективности процесса при различных скоростях расхода газовой смеси (рисунок 14-15):

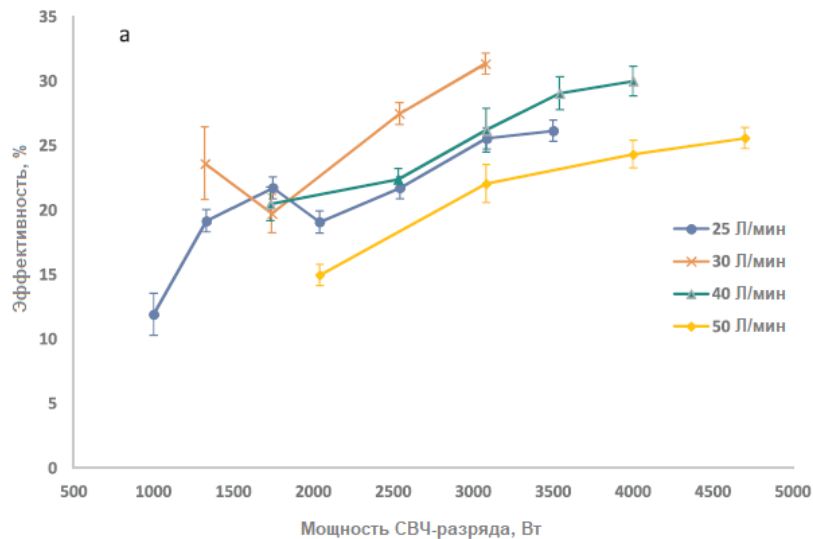


Рисунок 14 – Эффективность процесса при разных скоростях

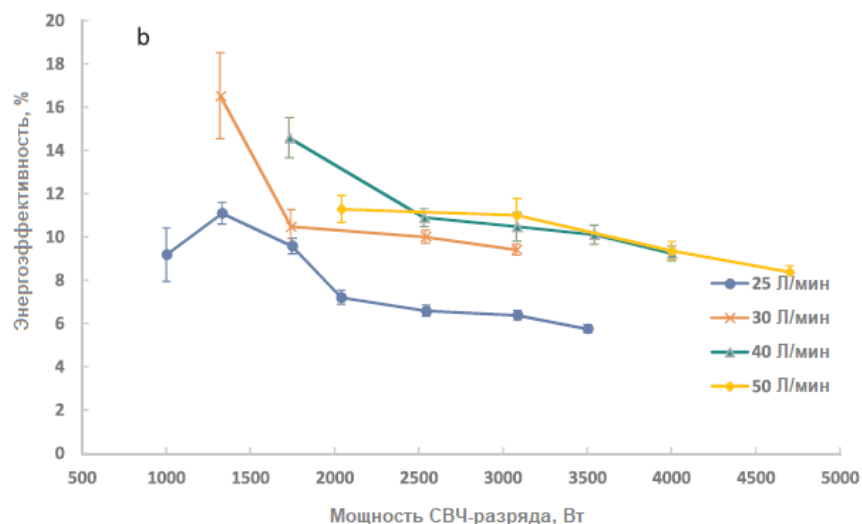


Рисунок 15 – Энергоэффективность процесса при разных скоростях

Итоговые результаты опытов с различными параметрами разряда, составом газовой смеси и давлениями приведены в таблице ниже:

Таблица 1 – результаты экспериментов

СВЧ источники	Технологические газы	Давление, мбар	Энергия, эВ/моль	Конверсия,%	Энергоэффективность,%
24 ГГц, 0,5-5 кВт	CO ₂ / Ar	1000	4,14	31,3	9,5
	CO ₂ / Ar	1000	1,5	11,6	22
	CO ₂	1000	2,4	9,8	11,2
2,45 ГГц, 2 кВт	CO ₂	1000	1,4	8,2	16,6
	CO ₂ / Ar	1000	1,5	10	20
2,45 ГГц, 2 кВт	CO ₂ / Ar	1000	25	45	5
	CO ₂	1000	0,5	9	50
2,45 ГГц, 1,2 кВт + солнечная энергия	CO ₂ / Ar	1000	1,8	9,5	10,5
	CO ₂ / N ₂	1000	1,8	15,5	24,5
2,45 ГГц, 1 кВт	CO ₂ / Ar	1000	7,22	36,1	14,7
	CO ₂	1000	1,19	11,8	28,9
2,45 ГГц, 6 кВт	CO ₂	1000	2,4	11,6	13,5
	CO ₂	200	17,5	74,9	12,3
915 МГц, 30 кВт	CO ₂	200	10,3	83	24
2,45 ГГц, 1 кВт	CO ₂	200	1,7	26	41

Исходя из всех полученных в литературных источниках результатах можно сделать выводы о том, что средняя эффективность процесса в нормальных условиях составляет 10 %, однако определёнными методами она может быть повышена до 83 %. Методами повышения эффективности конверсии являются факторы соблюдения следующих условий:

Давление – понижение давления в СВЧ-разряде приводит к уменьшению коллизионного затухания, что способствует увеличению длины свободного пробега электронов и, соответственно, увеличению количества

свободных электронов в системе. Это повышает вероятность ионизации углекислого газа и ускоряет процесс плазмохимической конверсии.

Кроме того, понижение давления приводит к уменьшению концентрации молекул кислорода и водяного пара, которые могут реагировать с продуктами реакции конверсии, что снижает вероятность образования нежелательных продуктов.

Скорость расхода – скорость расхода газа влияет на процесс плазмохимической конверсии углекислого газа в СВЧ-разряде. При увеличении скорости расхода газа уменьшается время, в течение которого происходит взаимодействие между молекулами газа и электронами плазмы. Это приводит к снижению эффективности конверсии, так как уменьшается вероятность образования нужных реакционных цепочек и продуктов реакции.

Однако при слишком медленном расходе газа также возможны проблемы. Низкая скорость расхода газа может привести к его концентрации в районе электродов, что может привести к повышенному нагреву и возникновению других нежелательных процессов, например, разрушению материала электродов или образованию других оксидов.

Из графиков результатов эксперимента, описанных выше видно, что наиболее оптимальным значением скорости расхода газа является 25-30 литров в минуту.

Температура – температура газа является важным параметром для процесса плазмохимической конверсии углекислого газа в СВЧ-разряде и одним из самых спорных. При повышении температуры газа происходит увеличение количества коллизий между молекулами газа, что в свою очередь способствует повышению вероятности возникновения реакций. Однако, слишком высокая температура может привести к уменьшению времени нахождения молекул в зоне разряда и увеличению потерь энергии на нагрев

окружающей среды. Поэтому, необходимо подбирать оптимальную температуру для обеспечения максимальной эффективности процесса.

Кроме того, при повышении температуры газа увеличивается скорость движения молекул, что ведет к увеличению скорости реакций. При этом, при определенных условиях может происходить активация молекул газа, что позволяет снизить энергию активации реакций. Это может способствовать повышению конверсии углекислого газа в более сложные соединения, такие как метан, метанол и др.

Однако, следует отметить, что увеличение температуры газа также приводит к увеличению энергии молекул и, как следствие, к возникновению побочных реакций, что может снизить эффективность процесса плазмохимической конверсии углекислого газа. Поэтому, при оптимизации процесса необходимо учитывать, как преимущества, так и недостатки повышения температуры газа.

Параметры разряда – начнём с частоты разряда. Частота разряда - это частота изменения напряжения в разрядной камере. При увеличении частоты разряда увеличивается количество плазмы в разрядной камере, что приводит к повышению температуры и ускорению процессов плазмохимической конверсии углекислого газа. Также увеличение частоты разряда может привести к улучшению равномерности процесса конверсии, что положительно сказывается на эффективности процесса.

Мощность разряда напрямую влияет на количество энергии, поставляемой в плазму, и на процесс плазмохимической конверсии. При увеличении мощности разряда увеличивается количество плазмы и температура, что приводит к повышению эффективности процесса конверсии. Однако, слишком высокая мощность разряда может привести к образованию большого количества побочных продуктов, таких как оксиды углерода, что может ухудшить качество конечного продукта. Поэтому необходимо находить

оптимальный баланс между мощностью разряда и эффективностью процесса конверсии.

Инертные газы – добавление аргона в изначальную газовую смесь может увеличить эффективность плазменной обработки путём увеличения числа возбужденных молекул, а за счёт свойства инертности этого газа, он не будет образовывать нежелательных побочных соединений в конечном продукте реакции.

2. Проектирование автоматизированной системы управления

2.1 Техническое задание

К настоящему проекту выдвигается следующее техническое задание: необходимо спроектировать систему декарбонизации воздуха с помощью электростатических фильтров, основанную на порционном принципе действия. Требуется производить забор определённого количества загрязнённого воздуха в некую отдельную изолированную ёмкость определённого объёма – 120 литров, производить очистку забранного воздуха, прогоняя его через фильтрационную систему, после чего повторить итерацию процесса.

Эффективность процесса очистки должна отслеживаться при помощи датчика углекислого газа и регулироваться напряжением, подаваемым на ионизатор в фильтре.

Технологический процесс должен происходить при определённых условиях, а именно при следующих показателях:

- Температура воздушной смеси: 25 °С;
- Давление воздушной смеси: 0,1 Мпа;
- Скорость движения воздушного потока через ионизатор: 10 м/с.

Для контроля вышеуказанных показателей требуется установить приборы, регистрирующие значения температуры, давления и концентрации

углекислого газа внутри камеры, а также требуется установить прибор регистрации скорости воздушного потока между вентилятором и ионизатором.

Необходимо представить к проекту требования по технике безопасности, характеристику объектов автоматизации, требования к структуре и функционированию системы, требования к техническому, информационному и метрологическому обеспечению проекта, составить структурную и функциональную схему автоматизированной системы, описать технологический процесс, произвести выбор оборудования исходя из указанных выше требований, представить схему внешних соединений для проекта, провести цифровое моделирование системы управления и исследование наиболее оптимального подхода к управлению электростатическим фильтром.

2.2 Описание эксперимента

Для выявления наиболее оптимального напряжения питания ионизатора необходимо провести эксперимент по изучению процесса декарбонизации воздуха при определённых условиях, составить математическую модель эксперимента и исходя из модели итерационным путём определить коэффициент эффективности ионизатора.

Эксперимент был проведён при следующих условиях:

- Температура воздуха: плюс 25 °С;
- Давление воздуха: 0,1 Мпа;
- Скорость прогона воздуха через ионизатор: 20 л/мин;
- Напряжение питания ионизатора: 220 В;
- Изначальная концентрация углекислого газа: 3,5 %.

При заданных параметрах составим математическую модель процесса, описываемую итерационной формулой [6]:

$$C_i = \frac{C_{i-1}(V-S) + C_{i-1}S(1-M)}{V},$$

где C_i – концентрация углекислого газа на данной итерации цикла, доли от единицы;

C_{i-1} – концентрация углекислого газа на предыдущей итерации цикла, доли от единицы;

V – объём воздушной смеси, литры;

S – скорость протекания воздушной смеси, литры/минуту;

M – коэффициент эффективности ионизатора, доли от единицы.

В результате моделирования получена следующая кривая изменения концентрации (рисунок 16):

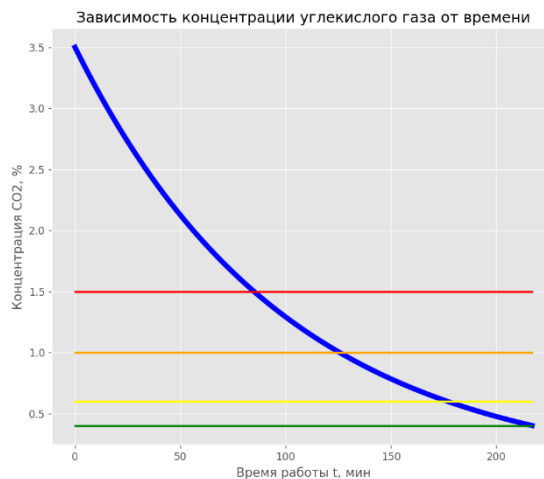


Рисунок 16 – График изменения концентрации.

Горизонтальными цветными линиями на графике обозначены уровни концентрации углекислого газа, соответственно: опасный для здоровья (1,5 %), допустимый уровень для нахождения в помещении не более 8 часов (1 %), приемлемый уровень (0,6 %), чистый воздух (0,4 %) согласно ГОСТ РЕН 13779-2007.

Данная модель была реализована на языке программирования Python с пакетом библиотек Matplotlib. Исходный код программы и соответствующие блок-схемы представлены в приложении Г к настоящему документу.

Как видно, исходя из графика, процесс декарбонизации воздуха носит

экспоненциальный характер. Это связано с тем, что с ходом уменьшения концентрации CO₂ уменьшается и вероятность прохождения молекул углекислого газа через ионизатор с их дальнейшей возможной диссоциацией.

Необходимо сравнить показания модели с результатами реальных экспериментов. Для примера ниже представлены результаты реальных измерений в масштабе на 20-минутном отрезке (рисунок 17):

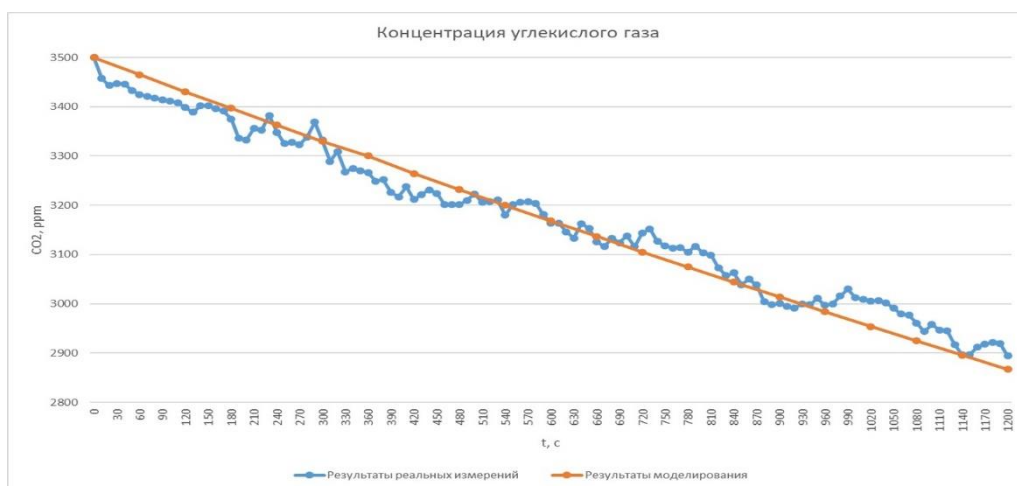


Рисунок 17 – Результаты моделирования и реальных измерений.

Как видно, исходя из графика, результаты моделирования совпадают с аппроксимированными результатами измерений, исходя из этого считаем разработанную модель рабочей и определяем, что при заданных условиях коэффициент эффективности ионизатора составляет 14%.

Проведём ряд экспериментов для определения наиболее оптимального напряжения питания ионизатора. Результаты измерений представлены в таблице ниже:

Таблица 2 – Экспериментальные данные

Напряжение питания, В	Эффективность ионизатора, %					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
70	3	3	4	4	5	6
80	3	4	4	4	6	7
90	4	4	4	5	6	8
100	4	4	5	6	7	10
110	4	4	5	6	9	12
120	4	5	7	8	11	14

Продолжение таблицы 2 – Экспериментальные данные

130	5	6	8	10	14	16
140	5	8	11	13	16	18
150	7	10	13	16	19	20
160	9	12	15	18	20	21
170	10	14	17	19	21	22
180	12	15	18	20	21	21
190	14	16	18	18	19	20
200	14	15	16	16	17	18
210	12	13	13	14	14	15
220	11	11	12	12	12	13

Для упрощения анализа изобразим графики зависимости напряжения-эффективности-температуры на одной координатной плоскости (рисунок 18):

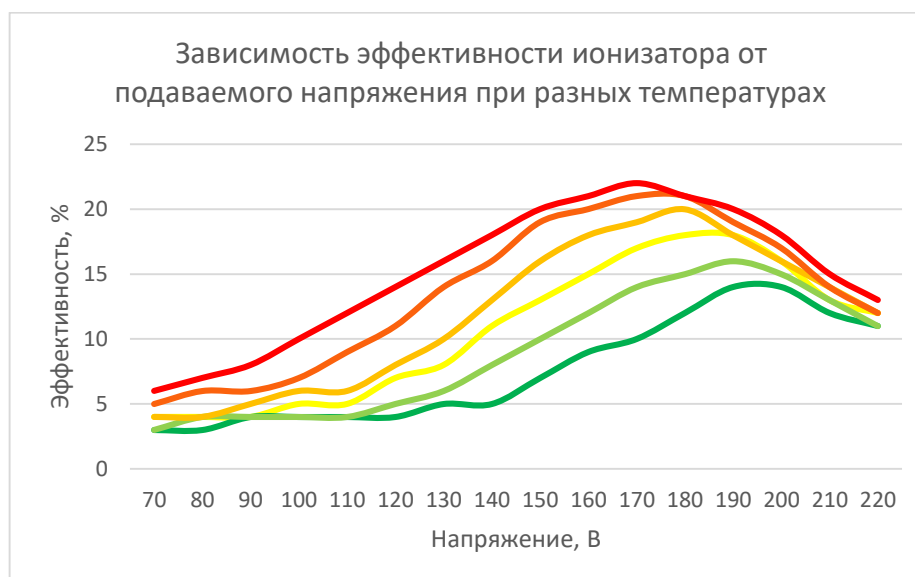


Рисунок 18 – Графики зависимостей

Предположительно, пики эффективности работы ионизатора должны при разных температурных режимах должны выражаться в виде нелинейной, вероятнее всего экспоненциальной, зависимости. Однако в пределах заданного температурного режима – от 0 до 40 градусов, эту зависимость можно аппроксимировать до линейной (рисунок 19).

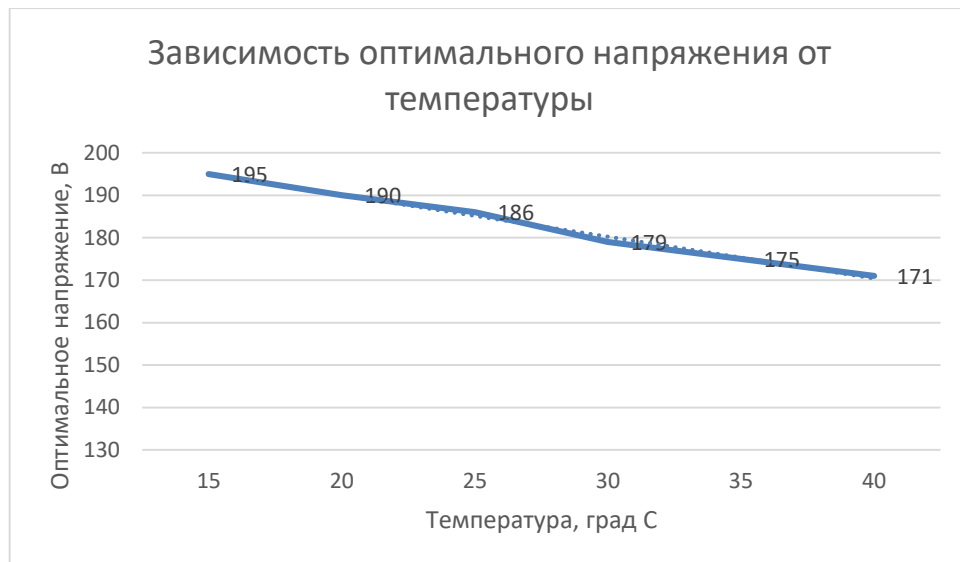


Рисунок 19 – График зависимости оптимального напряжения

Аппроксимировав данные, составим уравнение зависимости оптимального напряжения от температуры, исходя из уравнения линии тренда. Составленное уравнение имеет следующий вид:

$$U_{\text{опт}} = -0,989 \cdot T + 221,505,$$

где $U_{\text{опт}}$ – оптимальное напряжение;

T – температура воздуха.

2.3 Описание модели управления

На основе этих данных составим модель системы управления. За основу возьмём классическую САР с единичной обратной связью. Входом системы будут являться показания датчика температуры, выходом – напряжение, питающее ионизатор.

Определим звенья системы – первым звеном будет усилительное звено вместе с положительным сумматором. Этот участок системы отвечает за преобразования показателя температуры в уставку напряжения. Второе звено – отрицательный сумматор, принимающий на себя обратную связь и необходимый для вычисления ошибки между выходом и уставкой. Третьим звеном является ПИД-регулятор. Четвёртое и пятое последовательно

соединённые звенья являются передаточными функциями регулятора напряжения и ионизатора соответственно. Вместе они составляют объект управления второго порядка. Последним звеном представлен коэффициент преобразования данных с датчика CO_2 в напряжение на ионизаторе. Общий вид системы представлен на рисунке ниже (рисунок 20):

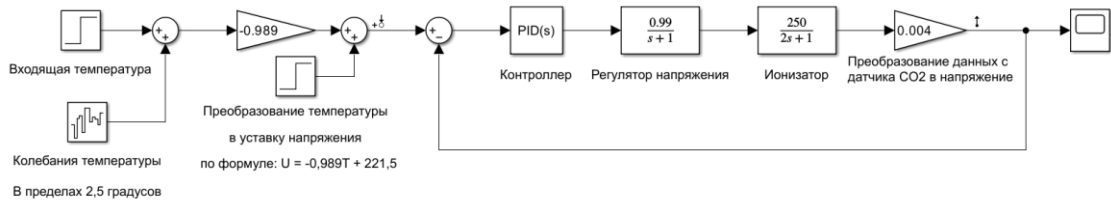


Рисунок 20 – Система автоматизированного управления

Произведём настройку ПИД-регулятора для составленной схемы управления. Сперва в приоритете поставим условие максимально быстрого достижения установившегося значения в пределах 5% от уставки при минимальном перерегулировании. Результатом настройки ПИД-регулятора под заданные параметры станет система со следующими показателями:

- П-коэффициент: 8,156;
- И-коэффициент: 3,43;
- Д-коэффициент: 4,17;
- Коэффициент фильтра: 100;
- Время установившегося значения: 0,949с
- Перерегулирование: 5%.

Переходная характеристика системы при таких параметрах представлена на рисунке ниже (рисунок 21).

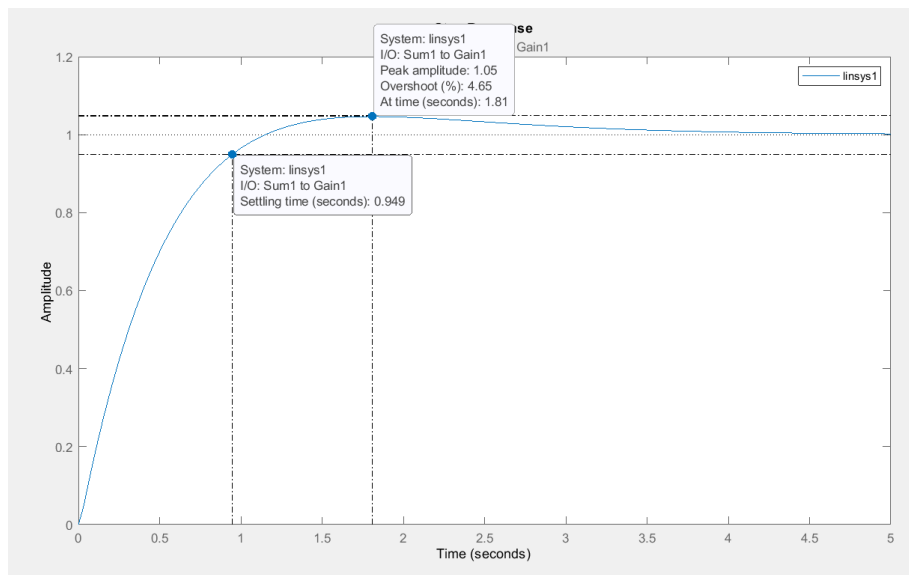


Рисунок 21 – Переходная характеристика процесса

Однако для чистоты проведения эксперимента попробуем добавить в систему колебания температуры в пределах 3 градусов (рисунок 22-24).

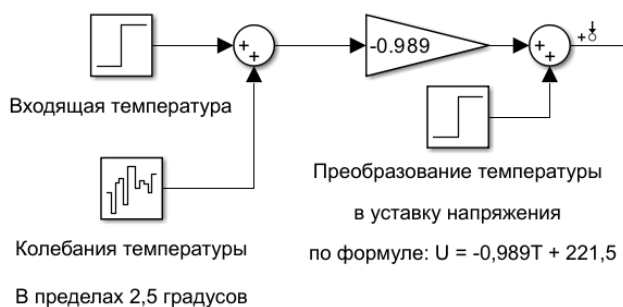


Рисунок 22 – Симуляция колебаний значений температуры

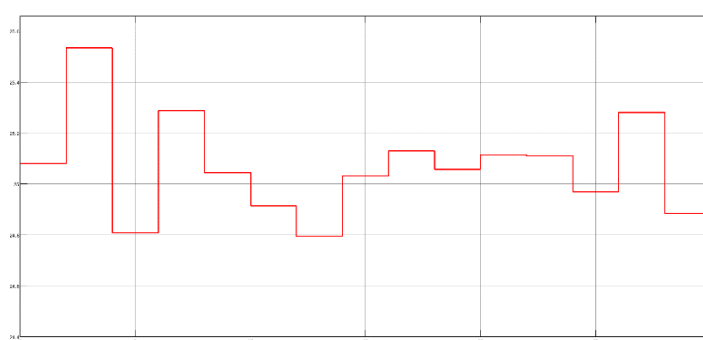


Рисунок 23 – Значения температуры

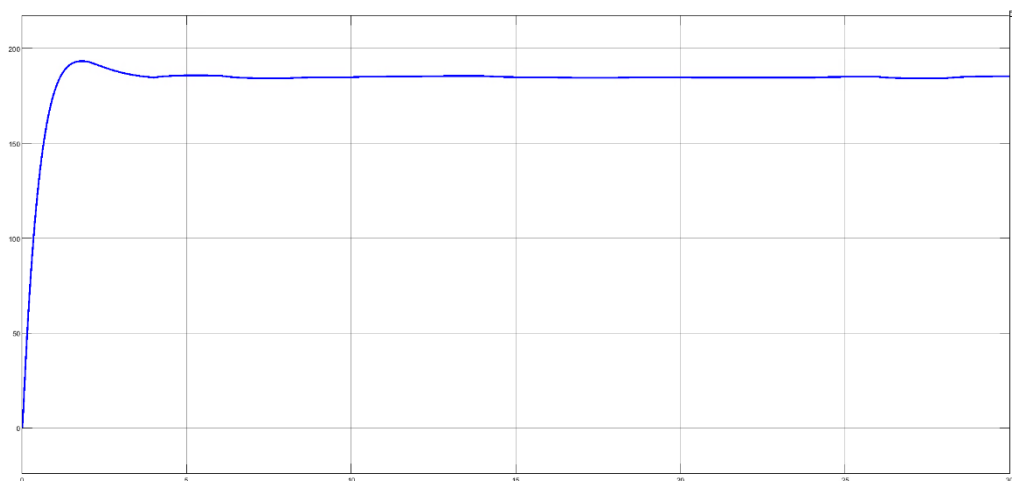


Рисунок 24 – Изменение напряжения

Как видно из рисунка выше, система реагирует даже на незначительные колебания температуры ввиду своей высокой чувствительности. Для минимизации такого рода изменений уставки и, как следствие, постоянного перерегулирования регулятора напряжения можно попробовать перенастроить ПИД-регулятор таким образом, чтобы повысить робастность системы в ущерб скорости переходного процесса. Результатами такой перенастройки стала система со следующими показателями:

- П-коэффициент: 2,077;
- И-коэффициент: 0,9086;
- Д-коэффициент: 1,11;
- Коэффициент фильтра: 100;
- Время установившегося значения: 2,99с
- Перерегулирование: 3,5%

Переходная характеристика системы при таких параметрах представлена на рисунке ниже (рисунок 25-26).

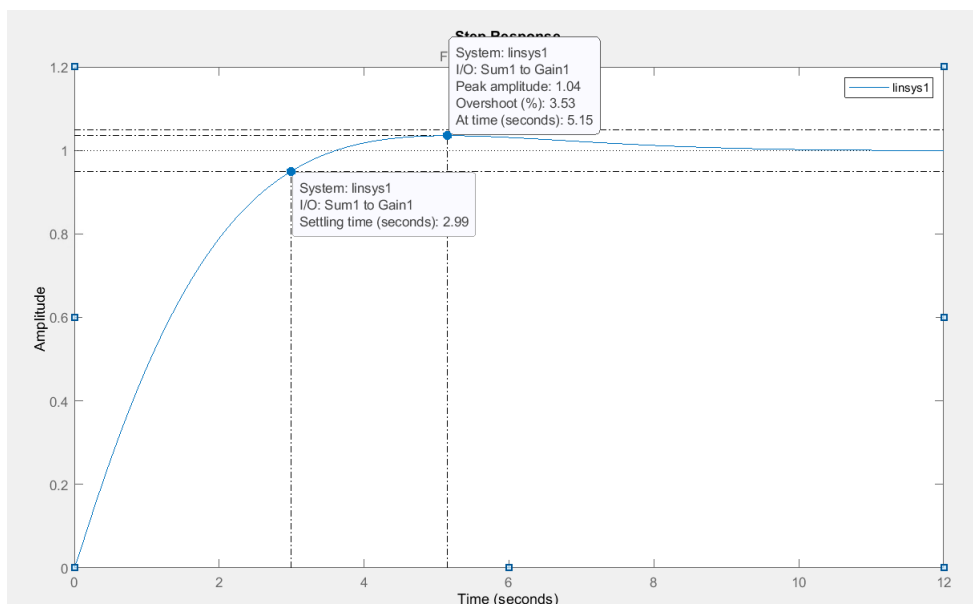


Рисунок 25 – Переходная характеристика процесса

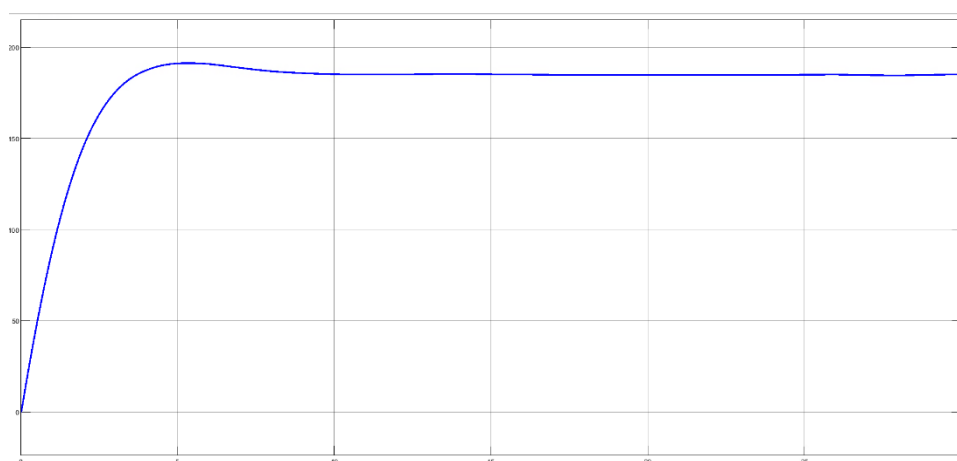


Рисунок 26 – Изменение напряжения

Исходя из указанных выше данных видно, что время переходного процесса возросло до 3 секунд, однако сама по себе система стала гораздо более устойчива к шумам и помехам, а также у такой системы уменьшено перерегулирование. Данные параметры настройки приняты оптимальными для работы системы.

2.4 Требования к проекту

2.4.1 Требования по технике безопасности

Все технические средства автоматизации, питаемые от электросети,

должны соответствовать «Правилам устройства электроустановок», «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

При непосредственной работе с фильтрационной системой необходимо обеспечение всех сотрудников средствами индивидуальной защиты от воздействия опасных и вредных факторов. Список опасных и вредных факторов, а также рекомендации к их предупреждению представлены в разделе «Социальная ответственность» настоящего документа (стр. 84)

2.4.2 Характеристика объектов автоматизации

Условия эксплуатации объектов автоматизации:

Умеренно влажная географическая зона с длинными зимами и высоким среднегодовым уровнем осадков. Диапазон температур от минус 50 °С до 40 °С.

Основные конструкции системы декарбонизации воздуха:

- Резервуар для фильтрации;
- Вентиляционная система;
- Ионизатор.

2.4.3 Требования к структуре и функционированию системы

АСУТП должна строиться по принципу иерархического распределенного управления, т.е. в виде многоуровневой и функционально распределенной системы, состоящей из подсистем, согласованно управляющих локальным процессом декарбонизации воздуха.

АСУ должна обеспечивать прозрачное взаимодействие различных уровней автоматизации:

уровень 0. Полевой уровень: датчики, приборы и средства контроля,

преобразователи, приводы запорной и регулирующей арматуры, исполнительные устройства агрегатов и установок, а также другие КИПиА, включая средства автоматики, встроенные в технологическое оборудование;

уровень 1. ПЛК, контуры авторегулирования и стабилизации, панели оператора;

уровень 2. Уровень мониторинга, протоколирования процесса, настройки и управления технологическими процессами агрегатов и установок, диагностика и обслуживание КИПиА.

Проектируемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям ГОСТ 34.602-89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы» [7], а также ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах» [8].

2.4.4 Требования к техническому обеспечению

Допустимый диапазон рабочих температур для оборудования системы составляет от минус 40 °С до 40 °С. Предел допустимой влажности воздуха должен составлять не менее 70 %.

Программно-технический комплекс АС должен иметь модульное решение и обеспечивать возможность будущего дополнения и/или модернизации системы. С этой целью необходимо подобрать оборудование, оставляющее резерв в 20 % по входным и выходным каналам.

Ввиду высокой химической активности озона, все технические средства автоматизации, непосредственно контактирующие с воздушной смесью, должны иметь коррозионностойкое исполнение.

Степень пыле- и влагозащиты должна быть не ниже, чем IP53 согласно ГОСТ 14254-96 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками»

2.4.5 Требования к информационному обеспечению

Для реализации проекта средства информационного обеспечения должны предоставлять информацию необходимую и достаточную для контроля и проведения технологического процесса.

Данные этих информационных средств могут быть представлены в виде:

- унифицированной системы электронных документов, необходимых для статистической отчётности;
- базы данных, хранящей в себе необходимую техническую информацию для диагностики, проверки и наладки системы.

2.4.6 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологические требования к проекту по декарбонизации воздуха с помощью электростатических фильтров:

Все используемые приборы и измерительные устройства, такие как датчики качества воздуха, давления, температуры и прочие, должны быть правильно калиброваны и периодически поверены в соответствии с установленными стандартами.

- проект должен обеспечивать наличие необходимого метрологического оборудования и процедур для проведения измерений, включая калибровочные генераторы, референтные стандарты и тестовые среды.

- в проекте должна быть предусмотрена система контроля качества, которая включает в себя проверку и регулярную калибровку измерительного оборудования, проведение контрольных измерений и анализ данных.

- все результаты измерений, калибровки и поверки приборов должны быть документированы и храниться для последующей проверки и анализа.

- основная относительная погрешность датчиков температуры и давления воздуха должна быть не более 1 %.
- Для корректного измерения скорости изменения концентрации CO₂ в резервуаре, погрешность датчика углекислого газа должна составлять не более 15 %.

2.5 Структурная схема автоматизации проекта

Структурная схема автоматизации проекта является графическим представлением системы автоматизации, отображающим взаимосвязи между ее основными компонентами и функциональными блоками. Она составляется для наглядного представления логической структуры системы автоматизации, ее элементов и взаимодействия между ними.

Структурная схема автоматизации помогает понять и описать основные функции и связи между компонентами системы. Она играет важную роль в проектировании, разработке и внедрении автоматизированных систем, так как позволяет определить необходимые компоненты и их взаимодействие, а также обнаружить потенциальные проблемы или улучшения в системе.

Составление структурной схемы автоматизации регламентируется ГОСТ Р 58908.12-2020 (ИСО 81346-12:2018) «Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и коды» [9]. Схема представлена в приложении А к настоящей работе (ФЮРА 2.5).

2.6 Функциональная схема автоматизации проекта

Функциональная схема автоматизации - это графическое представление системы автоматизации, которое отображает взаимосвязи между компонентами системы и их функциональность. Она служит инструментом

для визуализации и анализа работы системы автоматизации, а также для документирования её функциональных особенностей.

Функциональная схема автоматизации является важной частью процесса проектирования и разработки автоматизированных систем. Она позволяет описать структуру системы, включая её компоненты, модули, интерфейсы и взаимосвязи между ними. Функциональная схема показывает, как происходит обработка данных и какие операции выполняются в рамках системы автоматизации.

Функциональная схема автоматизации необходима по нескольким причинам. Во-первых, она помогает разработчикам и инженерам лучше понять работу системы и оптимизировать её производительность. Она также служит инструментом коммуникации между различными участниками проекта, позволяя им иметь общее представление о функционировании системы. Кроме того, функциональная схема автоматизации является частью документации проекта и может использоваться для обоснования и оформления технических решений.

В соответствии с заданием разработана функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [10].

Функциональная схема автоматизации была выполнена в соответствии с нормативными документами и приведена в приложении Б (ФЮРА 2.6)

2.7 Описание технологического процесса

В резервуар очистки порционно поступает воздушная смесь с повышенной концентрацией углекислого газа. Объём одной порции

составляет 120 литров. После закрывания клапанов запускается процесс декарбонизации воздуха. Для контроля условий соблюдения процесса в системе присутствуют датчики углекислого газа, температуры и давления. Вся система состоит из трёх управляющих контуров.

1-й контур: первый контур является контуром дозирования воздушной смеси. Контур начинается с датчика измерения расхода воздуха FE1.1, находящегося на трубе подачи воздушной смеси. Далее сигнал с датчика через FT1.2 поступает на контроллер, где происходит подсчёт необходимого количества воздуха. После того, как нужное количество воздуха будет закачено в резервуар, контроллер подаст цифровой управляющий сигнал на перекрытие задвижек воздуховода и система будет изолирована.

Следующая доза воздушной смеси будет закачена после того как показания с датчика углекислого газа QE1.3-QT1.4 передадут информацию о том, что содержание CO₂ в воздухе не превышает нормы в 400 промилль.

2-й контур: второй контур является системой контроля соблюдения условий технологического процесса. Он состоит из двух параллельных каналов измерения температуры TE2.1-TT2.3 и давления PE2.2-PT2.4, показания с которых идут на аналоговые входы контроллера. При несоблюдении условий тех. процесса оператору будет передана соответствующая информация, а также на месте будут зажжены предупреждающие лампы HL1 и HL2 соответственно. Также именно по информации с датчика температуры определяется температурный режим работы ионизатора. После этого с аналогового выхода контроллера будет подан сигнал на регулятор напряжения EC2.7, который подаст рассчитанное оптимальное питающее напряжение ионизатору, соответствующее данному температурному режиму.

3-й контур: третий контур представляет из себя систему контроля скорости прохождения воздуха через ионизатор. Информация с воздушного

расходомера FE3.1-FT3.2 поступает на аналоговый вход контроллера для последующей возможной регистрации этих данных. Также включение-выключение вентилятора осуществляется с помощью ПЛК через дискретный ВЫХОД.

2.8 Выбор оборудования

В данном разделе произведён выбор оборудования и технических средств автоматизации для реализации проекта. Схема внешних соединений для выбранного оборудования представлена в приложении В к настоящему диплому.

2.8.1 Программируемый логический контроллер

Контроллер ОВЕН ПЛК 160-220.Х.И M02 - это программируемый логический контроллер (ПЛК) производства компании ОВЕН. Контроллер ПЛК 160 M02 обладает высокой производительностью, что позволяет выполнять сложные и высокоскоростные задачи автоматизации. Длительность переходного процесса контроллера составляет не более 3мс. Контроллер оснащен определенным числом цифровых и аналоговых входов и выходов, что позволяет подключать различные датчики, исполнительные устройства и другое оборудование. ОВЕН ПЛК 160 M02 имеет встроенные коммуникационные порты, такие как порты RS-232, RS-485 или Ethernet, для обмена данными с другими устройствами или системами.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из руководства по эксплуатации технического изделия [11].

Изображение (рисунок 27) и технические характеристики регулятора представлены ниже:

Таблица 3 – характеристики ПЛК

Габариты, мм	208×110×83
Масса, кг	1,2
Кол-во цифровых входов	16 (4 быстродействующих)
Кол-во цифровых выходов	12
Время переключения с 0 на 1 и обратно, мс	50
Кол-во аналоговых входов	8
Кол-во аналоговых выходов	4
Период опроса одного входа, мс	10
Скорость переходного процесса, мс	3
Степень защиты	IP20



Рисунок 27 - ОВЕН ПЛК 160-220.Х.И М02

2.8.2 Регулятор напряжения

Регулятор напряжения ТРН-1-25-ЦВ является электронным устройством, предназначенным для стабилизации и поддержания постоянного значения выходного напряжения в электрических цепях. Регулятор напряжения ТРН-1-25-ЦВ используется для автоматической регулировки и контроля напряжения в электроэнергетических системах, электроустановках и других технических устройствах. Регулятор способен обеспечивать стабильное выходное напряжение в заданном диапазоне. В случае изменения входного напряжения, он автоматически регулирует выходное напряжение, чтобы сохранить его на постоянном уровне. Регулятор обладает высокой точностью регулирования напряжения.

Также регулятор напряжения ТРН-1-25-ЦВ обеспечивает защиту от перенапряжений, короткого замыкания и других нежелательных электрических ситуаций. Он может автоматически отключаться или принимать меры для предотвращения повреждений электрооборудования.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из паспорта технического изделия [12].

Изображение (рисунок 28) и технические характеристики регулятора представлены ниже:

Таблица 4 – характеристики ТРН

Напряжение питания	220В, 50Гц
Выходное напряжение	Двух- или однополупериодное
Максимальный ток нагрузки, А	25 (при температуре воздуха <25 ⁰ С)
Диапазон регулирования значения напряжения на нагрузке	от 1% до 99% напряжения сети
Управляющий токовый сигнал, мА	4..20
Метод регулирования	Фазоимпульсный
Тип нагрузки	Активный или активно-индуктивный
Тип силового управляющего элемента	Тиристор
Габаритные размеры, мм	108×133×125
Масса устройства, кг	0,9
Режим работы	Непрерывный
Степень защиты корпуса	IP20
Температура окружающей среды, ⁰ С	-20 ⁰ С - +35 ⁰ С
Относительная влажность воздуха, % при Т=25 ⁰ С	80 (без конденсата)
Атмосферное давление, мм рт.ст.	от 630 до 800



Рисунок 28 – ТРН-1-25-ЦВ

2.8.3 Датчик давления

Датчик давления СДВ-SMART-A является высокоточным электронным устройством, предназначенным для измерения и мониторинга давления в различных средах. Датчик обладает высокой точностью измерений, что позволяет получать достоверные и точные данные о давлении. Датчик обеспечивает быстрое реагирование на изменения давления в среде, что позволяет мониторить и контролировать процессы в режиме реального времени. Он также обладает высокой надежностью и стабильностью работы, что гарантирует долгий срок службы и минимальные потери данных. Датчик давления СДВ-SMART-A обычно оснащен дополнительными интеллектуальными функциями, такими как цифровая обработка сигналов, возможность настройки параметров измерений и интерфейсы связи с другими системами.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из каталога продукции компании НПК ВИП [13].

Изображение (рисунок 29) и технические характеристики регулятора представлены ниже:

Таблица 5 – характеристики датчика давления

Верхний диапазон измерений	1,0МПа
Основная относительная погрешность	±0,25%
Выходной сигнал	4..20мА + HART
Класс пылевлагозащиты	IP54
Температура измеряемой среды	до +120 ⁰ С
Диапазон температуры окружающей среды	-55 ⁰ С - +70 ⁰ С



Рисунок 29 - СДВ-SMART-A

2.8.4 Датчик температуры

Датчик температуры МПТ-01 Т4 представляет собой электронное устройство, предназначенное для измерения и передачи информации о температуре в заданном диапазоне. Датчик МПТ-01 Т4 предназначен для измерения температур в диапазоне от 0°С до +150°С. Датчик обладает высокой точностью измерения, что позволяет получать достоверные данные о температуре с малой погрешностью. Датчик имеет компактные размеры, что облегчает его установку и интеграцию в различные системы и устройства. Также датчик может быть совместим с различными интерфейсами связи, такими как аналоговый сигнал или цифровой протокол, что облегчает его интеграцию с другими устройствами и системами.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из спецификации к датчику МПТ-01 [14].

Изображение (рисунок 30) и технические характеристики регулятора представлены ниже:

Таблица 6 – характеристики датчика температуры

Диапазон измерений	0 °С - +150 °С
Основная относительная погрешность	±0,5%
Выходные сигналы	4..20mA В1
Электрическое присоединение	DIN43650
Механическое подключение	M20×1,5
Диапазон температур окружающей среды	-40 °С - +85 °С
Класс пылевлагозащиты	IP65
Время отклика	≤30мс



Рисунок 30 - МПТ-01 Т4

2.8.5 Расходомер

Расходомер SS20.250 - это устройство, предназначенное для измерения расхода газов. Расходомер SS20.250 основан на принципе турбинного измерения, где газ пропускается через турбинный ротор, и скорость его вращения пропорциональна расходу среды. Расходомер SS20.250 имеет определенный диапазон измерений, который может быть задан в пределах 20м/с. Диапазон может варьироваться в зависимости от конкретной модели и требований приложения. Расходомер обладает погрешностью измерений в пределах ±3%, что позволяет получать достаточно достоверные данные о расходе газа. Расходомер SS20.250 может иметь различные выходные сигналы для передачи данных, такие как аналоговый выход (4-20 мА или 0-10 В), цифровой интерфейс (RS485, Modbus и т. д.) или импульсный выход. Расходомеры данного типа обычно изготавливаются из высококачественных материалов, обеспечивающих прочность и долговечность. Они также

обладают хорошей устойчивостью к различным физическим и химическим воздействиям и имеют коррозионностойкое исполнение.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из паспорта технического изделия [15].

Изображение (рисунок 31) и технические характеристики датчика представлены ниже:

Таблица 7 – характеристики датчика скорости воздуха

Диапазон измерения скорости воздуха, м/с	0,06..20
Температура измеряемой среды	-20 °С - +70 °С
Основная относительная погрешность измерения	±3%
Время отклика	3с
Рабочая температура	-30 °С - +85 °С
Выходной сигнал, мА	4..20
Класс пылевлагозащиты	IP65



Рисунок 31 - SS20.250

2.8.6 Датчик углекислого газа

Датчик углекислого газа ПГК100-CO2 предназначен для непрерывного и точного измерения концентрации CO2 (углекислого газа) в воздухе. Датчик РКГ100-CO2 способен измерять концентрацию углекислого газа в диапазоне

от 400 до 5000 промилле. Выходные сигналы: ПГК100-CO2 может иметь различные выходные сигналы для передачи данных, такие как аналоговый выход (4-20 мА или 0-10 В), цифровой интерфейс (RS485, Modbus и т. д.) или импульсный выход. Это обеспечивает совместимость с различными системами управления и мониторинга. Датчик обладает быстрым временем отклика, до 1 секунды, что позволяет оперативно реагировать на изменения концентрации CO₂. Он также обеспечивает стабильную работу в течение длительного времени, минимизируя возможность ошибок и искажений в измерениях.

Информация о технических характеристиках настоящего устройства взята из руководства по эксплуатации технического изделия [16].

Изображение (рисунок 32) и технические характеристики датчика представлены ниже:

Таблица 8 – характеристики датчика CO₂

Напряжение питания, В	24
Диапазон измерения, ‰	400...5000
Основная приведённая погрешность, %	15
Время обновления, с	1
Время реакции, не более, с	120
Выходной сигнал, мА	4..20
Время установления выходного сигнала, не более, мин	10
Класс пылевлагозащиты	IP65



Рисунок 32 - ПГК100-CO2

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Т92	Жгуте Вадиму Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 300000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 24000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда в 2023 году составляет 16242 рублей без учёта районных коэффициентов и процентных надбавок.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциальных потребителей результата исследования. Анализ конкурентных технических решений. Проведение SWOT-анализа.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Формирование плана и графика разработки; Создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчёт показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений	
2. Матрица SWOT	
3. График проведения НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
------------------	------------	-------------------------------	----------------	-------------

Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	Доктор экономических наук		
-----------	------------------------------	------------------------------	--	--

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Жгута Вадим Андреевич		

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Введение

В данном разделе описывается экономический эффект, который способна оказать система автоматического управления электростатическими фильтрами. Для проекта по разработке научного стенда по изучению процесса плазменного пиролиза выявлены потенциальные потребители результатов исследования, проведён анализ конкурентных технических решений, проведены QuAd и SWOT-анализы технического решения для данного проекта.

Также в конце данного раздела представлены выводы по проделанной экономической оценке проекта и описана его рентабельность в условиях современного рынка.

Потенциальные потребители результатов исследования

В данном подразделе будут описаны все возможные потребители систем автоматического управления электростатическими фильтрами (далее – САУ ЭСФ), а также выделены наиболее приоритетные сегменты рынка. Такими сегментами считаем те сегменты, в которых присутствуют потребители, особо нуждающиеся в системах подобного рода, и отсутствуют конкуренты, занимающиеся изготовлением подобных решений.

Для начала опишем области применения САУ ЭСФ. С помощью таких систем можно производить очистку механически загрязнённого воздуха от взвешенных в нём частиц влаги и пыли, а также очистку химически загрязнённого воздуха от содержащегося в нём углекислого газа и химически активных соединений.

Исходя из этих возможностей использования САУ ЭСФ, видно, что они не могут использоваться в быту (или же их использование в быту нерентабельно). В таком случае произведём сегментацию рынка по двум параметрам: первый – область применения (необходимость в химической очистке воздуха, необходимость в механической очистке воздуха, необходимость использования в рамках экологических технологий, второй – тип предприятий (промышленные предприятия и наукоёмкие предприятия)

Таблица 9 – Сегментация рынка

		Область применения		
		хим. очистка	мех. очистка	эко-технологии
тип предприятий	промышленные	STRADA	STRADA	EcoSpectrum
	наукоёмкие		Элстат	

Исходя из таблицы видно, что есть два потенциальных направления развития проекта – это разработка экологических решений для наукоёмких предприятий и разработка систем химической очистки воздуха для наукоёмких предприятий.

Из этих двух направлений наиболее перспективным была выбрана разработка систем химической очистки воздуха. Потенциальными клиентами таких систем может быть, например, Роскосмос, нуждающийся в создании систем автоматической регенерации воздуха на космических станциях. Также потенциально такие системы могут быть востребованы в любых средах с

частичной или полной изоляцией атмосферы, например, в подземных хранилищах или глубокоземных бункерах.

3.1.3 Анализ конкурентных технических решений

В данном разделе рассмотрена возможность проекта конкурировать на рынке электростатических фильтров. Для оценки данной возможности ниже будет приведена таблица, представляющая собой оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений и разработок. В качестве основных конкурентов были взяты электростатические фильтры от компаний STRADA и Элстат.

Подсчёт конкурентоспособности произведём с помощью следующей формулы:

$$K = \sum B_i * B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя в долях от единицы;

B_i – балл i-го показателя.

Таблица 10 – Сравнительная таблица

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\text{проект}}$	B_{STRADA}	$B_{\text{Элстат}}$	$K_{\text{проект}}$	K_{STRADA}	$K_{\text{Элстат}}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,06	3	4	4	0,18	0,24	0,24
2. Удобство в эксплуатации (соответствует всем требованиям потребителя)	0,06	2	5	4	0,12	0,30	0,24
3. Помехоустойчивость	0,05	3	4	4	0,15	0,20	0,20

Продолжение таблицы 10 – Сравнительная таблица

4. Энергоэкономичность	0,06	3	3	4	0,18	0,18	0,20
-------------------------------	------	---	---	---	------	------	------

5. Надёжность	0,07	3	4	4	0,21	0,28	0,28
6. Уровень шума	0,05	4	2	3	0,20	0,10	0,15
7. Безопасность	0,07	2	4	4	0,14	0,28	0,28
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	5	5	5	0,10	0,10	0,10
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
10. Простота эксплуатации	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,04	5	5	5	0,20	0,20	0,20
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	2	4	5	0,12	0,24	0,30
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	1	4	4	0,04	0,16	0,16
3. Цена	0,07	5	1	2	0,35	0,07	0,14
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
5. Послепродажное обслуживание	0,05	4	3	3	0,20	0,15	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
7. Срок выхода на рынок	0,08	2	4	4	0,16	0,32	0,32
8. Наличие сертификации разработки	0,04	3	5	5	0,12	0,20	0,20
Итого	1	61/100	76/100	79/100	2,98/5	3,73/5	3,87/5

Исходя из таблицы видно, что на данном этапе проект является неконкурентоспособным. Это связано с тем, что сейчас проект находится на стадии разработки и ещё не была проведена работа по его адаптации под рыночные условия.

Основными весомыми показателями, понижающими итоговую оценку конкурентоспособности проекта, были определены срок выхода решения на рынок, его безопасность, надёжность и удобство в эксплуатации. Решение проблем в данных направлениях являются приоритетными для дальнейшей возможности коммерциализации проекта.

Технология QuAd

В данном разделе произведён QuAd-анализ разработки САУ ЭСФ. QuAd-анализ (Quality Advisor – англ. анализ качества) является методом оценки и улучшения качества продуктов или услуг в организации. Он помогает выявить и определить проблемные области, связанные с качеством, и предлагает рекомендации по их улучшению. Этот анализ позволяет организации оптимизировать свои процессы и достичь высоких стандартов качества.

Цель QuAd-анализа заключается в том, чтобы обеспечить клиентам или пользователям высокое качество продуктов или услуг. Он помогает организации лучше понять требования и ожидания своих клиентов, идентифицировать проблемы, которые могут возникнуть в процессе предоставления продуктов или услуг, и предложить эффективные решения для их решения.

Метод проведения QuAd-анализа аналогичен проведению анализа конкурентных решений. Необходимо составить таблицу с разновзвешенными качественными показателями, после чего задать значение оценки для каждого из этих показателей, учитывая специфику проекта.

Таблица 11 – QuAd-анализ

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,06	55	100	0,55	0,0330
2. Помехоустойчивость	0,05	65		0,65	0,0325
3. Надёжность	0,07	60		0,60	0,0420
4. Унифицированность	0,06	75		0,75	0,0450
5. Уровень материалоёмкости разработки	0,06	50		0,50	0,0300
6. Уровень шума	0,05	85		0,85	0,0425
7. Безопасность	0,07	45		0,45	0,0315
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	95		0,95	0,0190
9. Функциональная мощность	0,05	60		0,60	0,0300
10. Простота эксплуатации	0,03	30		0,30	0,0090
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,03	80		0,80	0,0240
12. Ремонтопригодность	0,04	45		0,45	0,0180
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,06	35	100	0,35	0,0210
14. Уровень проникновения на рынок	0,04	15		0,15	0,0060
15. Перспективность рынка	0,04	85		0,85	0,0340
16. Цена	0,07	90		0,90	0,0630
17. Послепродажное обслуживание	0,05	70		0,70	0,0350

Продолжение таблицы 11 – QuAd-анализ

18. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	45		0,45	0,0135
19. Срок выхода на рынок	0,08	40		0,40	0,0320
20. Наличие сертификации разработки	0,04	60		0,60	0,0240
Итого	1	59	100	0,59	0,585

Оценка качества перспективности проекта проводится с помощью расчётной шкалы. Для этого необходимо вычислить Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности проекта по следующей формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Таблица 12 – Степени перспективности

Значение P_{cp}	Перспективность проекта
80-100	крайне перспективная разработка
60-79	перспективность выше среднего
40-59	средняя перспективность
20-39	перспективность ниже среднего
0-19	крайне низкая перспективность

Как видно, исходя из таблицы 12, данный проект имеет показатель перспективности 0,585 из 1 или же 58,5 из 100, что соответствует среднему значению перспективности проекта.

SWOT-анализ

SWOT-анализ (анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз) является инструментом стратегического планирования, который используется для оценки текущего положения организации, а также выявления ее внутренних и внешних факторов, которые могут повлиять на ее успех. Он

помогает определить преимущества, недостатки, возможности и угрозы, а также разработать стратегии для достижения целей.

Процесс проведения SWOT-анализа включает следующие шаги:

1. Идентификация сильных сторон (Strengths): Анализируются внутренние факторы, которые делают организацию успешной и конкурентоспособной. Это могут быть высокое качество продукции или услуг, уникальные навыки и экспертиза, сильный бренд, лояльность клиентов и другие преимущества.

2. Определение слабых сторон (Weaknesses): Исследуются внутренние факторы, которые могут ограничивать успех организации. Это могут быть недостатки в качестве продукции или услуг, ограниченные ресурсы, недостаточная эффективность процессов, недостаточная видимость бренда и другие проблемы.

3. Выявление возможностей (Opportunities): Анализируются внешние факторы, которые могут создать перспективы для роста и развития организации. Это могут быть изменения в рыночных условиях, новые технологии, расширение целевой аудитории, изменение законодательства и другие факторы, которые могут быть использованы в свою пользу.

4. Определение угроз (Threats): Исследуются внешние факторы, которые могут негативно влиять на организацию и создавать проблемы. Это могут быть конкуренция, изменения в потребительских предпочтениях, экономические или политические факторы, риск изменения законодательства и другие угрозы.

5. Анализ и интерпретация результатов: Полученные данные и информация организуются и анализируются. Оценивается взаимосвязь между сильными и слабыми сторонами организации и возможностями, а также выявляются потенциальные угрозы, которые могут возникнуть из-за слабостей или внешних факторов.

Таблица 13 – SWOT-анализ

<p>Сильные стороны(Strengths):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Техническая экспертиза: Команда разработчиков обладает высоким уровнем технической компетенции и опытом в области автоматического управления. 2. Инновационный подход: Проект предлагает инновационное решение для автоматизации работы электрофильтра, что может привести к улучшению его эффективности и надежности. 3. Потенциал роста: Существует растущий спрос на автоматизированные системы управления в промышленности, что открывает перспективы для успешного внедрения проекта. 	<p>Слабые стороны(Weaknesses):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Плохая герметизация: Установка имеет проблемы с герметичностью, что может привести к утечке или неправильной работы системы. Это может потребовать дополнительных усилий для обеспечения надлежащего функционирования системы. 2. Ограниченные ресурсы: Разработка и внедрение автоматической системы управления требуют значительных финансовых и временных ресурсов. Недостаток ресурсов может ограничить возможности проекта.
<p>Возможности(Opportunities):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рыночный потенциал: Промышленные предприятия активно ищут решения для автоматизации своих процессов, включая управление электрофильтрами. Это создает возможность для успешного коммерческого запуска системы управления. 2. Повышение эффективности: Автоматизация работы электрофильтра может повысить его эффективность и уменьшить необходимость вручную контролировать и регулировать процессы. Это может привести к снижению затрат на энергию и повышению производительности. 	<p>Угрозы(Threats):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конкуренция: На рынке существуют другие компании, разрабатывающие и предлагающие аналогичные автоматические системы управления для электрофильтров. Конкуренция может оказать негативное влияние на коммерческий успех проекта. 2. Технические проблемы: Разработка сложных систем управления может столкнуться с техническими проблемами, такими как совместимость с существующими системами или обеспечение надежности работы системы.

Планирование научно-исследовательских работ

2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Таблица 14 – Этапы работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач	1	Формирование и утверждение тех. задания	Науч. руководитель
Анализ литературных источников и выбор вектора развития проекта	2	Поиск и изучение литературных источников	Инженер
	3	Выбор направления развития проекта	Науч. руководитель, инженер
	4	Составление плана работ	Науч. руководитель, инженер
Составление АСУ ТП	5	Описание тех. процесса	Инженер
	6	Составление структурной схемы АСУ	Инженер
	7	Составление функциональной схемы АСУ	Инженер
	8	Выбор оборудования для проекта	Инженер
	9	Составление модели тех. процесса	Инженер
	10	Разработка экранных форм АСУ	Инженер
Оформление НИР		Составление пояснительной записки	Науч. руководитель, инженер

Определение трудоёмкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоёмкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоёмкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения

ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

где $t_{ожі}$ – 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.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{T_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

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

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})},$$

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.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - (53 + 14)} = 1,22$$

Таблица 15 – Трудоёмкость работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	T_{min} , чел-дни		T_{max} , чел-дни		$T_{ож}$, чел-дни		Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель				
Формирование и утверждение тех. задания	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Поиск и изучение литературных источников	4	-	9	-	9	-	9	-	9	-

Продолжение таблицы 15 – Трудоёмкость работ

Выбор направления развития проекта	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Составление плана работ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Описание тех. процесса	1	-	2	-	2	-	2	-	2	-
Составление структурной схемы АСУ	2	-	3	-	3	-	3	-	3	-
Составление функциональной схемы АСУ	3	-	5	-	5	-	5	-	5	-
Выбор оборудования для проекта	3	-	5	-	5	-	5	-	5	-
Составление модели тех. процесса	2	-	3	-	3	-	3	-	3	-
Разработка экранных форм АСУ	4	-	7	-	7	-	7	-	7	-
Составление пояснительной записки	7	2	6	3	6	3	6	3	6	3
Итого:							36,4	4,7	44	6

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в табл. 8 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 16 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кп} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ												
				март			апрель			май			июнь			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Формирование и утверждение тех. задания	Науч. руководитель	1,1	■												
2	Поиск и изучение литературных источников	Инженер	9		■	■	■									
3	Выбор направления развития проекта	Науч. руководитель, инженер	1,1			■										
4	Составление плана работ	Науч. руководитель, инженер	1,1				■									
5	Описание тех. процесса	Инженер	2				■									
6	Составление структурной схемы АСУ	Инженер	3				■	■								
7	Составление функциональной схемы АСУ	Инженер	5					■	■							
8	Выбор оборудования для проекта	Инженер	5						■	■						
9	Составление модели тех. процесса	Инженер	3							■	■					
10	Разработка экранных форм АСУ	Инженер	7								■	■				
11	Составление пояснительной записки	Науч. руководитель, инженер	6,3										■	■		

Бюджет научно-технического исследования

Расчёт материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Ноутбук	шт.	1	15000	15000
Контроллер	шт.	1	53400	53400
Профиль вентиляционный	шт.	1	1500	1500
Крепёжные приспособления	шт.	1	200	200
Вентилятор профильный	шт.	1	1200	1200
Ионизатор	шт.	1	3000	3000
Набор соединительных проводов	шт.	1	300	300
Набор датчиков, регулятор напряжения	шт.	1	51150	51150
Итого			125750	

Расчёт затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Таблица 18 – Затраты на ПО

№ п/п	Наименование	Количество	Цена за единицу	Общая стоимость
1	AutoCAD 2022	1	20000	20000
2	MatLab	1	6500	6500
3	TraceMode IDE 6	1	11000	11000
Итого			37500	

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

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

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 было выбрано значение 0,3;

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{с1} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Таблица 20 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Науч. руководитель	30000	0,3	0,3	0,3	62400	2400	6	14400
Инженер	15000	0,3	0,3	0,3	31200	1200	44	52800
Итого	67200							

Расчёт дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

Таблица 21 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$, руб.
Науч. руководитель	14400	0,15	2160
Инженер	52800	0,15	7920
Итого	10080		

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Науч. руководитель	14400	2160
Инженер	52800	7920
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2 %	
Итого		
Руководитель	5001,12	
Инженер	18337,44	
Итого	23338,56	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 %.

Рассчитаем

накладные

расходы:

$$Z_{\text{накл}} = (74600 + 37500 + 67200 + 10080 + 23338,56) \cdot 0,16 = 34034,97 \text{ руб.}$$

Таким образом, накладные расходы составили 34034,97 рублей.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице ниже:

Таблица 23 – Бюджет НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	125750	Пункт 2.4.1.
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	37500	Пункт 2.4.2.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	67200	Пункт 2.4.3.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10080	Пункт 2.4.4.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	23338,56	Пункт 2.4.5.
6. Накладные расходы	34034,97	Пункт 2.4.6.
7. Бюджет затрат НИИ	297903,53	

Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Рассмотрим аналоги, первым является система электростатических фильтров с АСУ ТП от компании STRADA, вторым – аналогичная система от ЭлСтат. Так как на сложность проекта влияет огромное количество факторов, величина Φ_{max} выбирается приблизительно, исходя из имеющихся данных.

Таблица 24 – Интегральный финансовый показатель разработки

Исполнитель	Φ_{pi}	Φ_{max}	$I_{\text{фин.р}}$
НИ-проект	300000 руб.	384000 руб.	0,78
“STRADA”	384000 руб.		1
“ЭлСтат”	336000 руб.		0,88

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для ii -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 25 – Весовая сравнительная таблица

Критерии	Весовой коэффициент	НИ проект	“STRADA”	“ЭлСтат”
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,25	4	5	5
3. Помехоустойчивость	0,1	4	4	4
4. Энергосбережение	0,1	4	3	3
5. Надёжность	0,15	3	5	4
6. Материалоёмкость	0,1	5	2	3
Итого	1	3,65	4,4	4,05

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{НИ проект}} = \frac{I_{p\text{-исп1}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}}} = \frac{3,65}{0,78} = 4,68$$

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

$$I_{\text{ЭлСтат}} = \frac{I_{p\text{-исп3}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}}} = \frac{4,05}{0,88} = 4,6$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп2}}}{I_{\text{исп1}}}$$

Таблица 26 – Интегральные показатели эффективности

№	Показатели	НИ проект	STRADA	ЭлСтат
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,78	1	0,88
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,65	4,4	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	4,68	4,4	4,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,94	0,98

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
8Т92		Жгута Вадим Андреевич	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка автоматизированной системы управления установки декарбонизации воздушной смеси	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <p>–Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</p> <p>–Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Объект исследования:</i> программно-аппаратный комплекс декарбонизации воздуха (исследовательский стенд)</p> <p><i>Область применения:</i> промышленные предприятия, среды с частичной или полной изоляцией воздушной среды</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 10×8 м²</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер, переносной рабочий стенд с контроллером.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка и тестирование программ управления на персональном компьютере, монтаж и сборка стенда, проведение опытов на учебном стенде.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <p>–специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>–организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>– «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 01.03.2002 №197-ФЗ.</p> <p>– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.</p> <p>– ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения».</p> <p>– ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</p> <p>– ГОСТ 31829.2012 «Оборудование озонаторное. Требования безопасности».</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <p>–Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи на пластинах ионизатора.</p> <p>2. Повышенная концентрация озона в области работающей установки</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень электромагнитных излучений.</p>

	<p>2. Отклонение показаний микроклимата.</p> <p>3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.</p> <p>Требуемые средства и индивидуальной защиты от выявленных факторов: средства индивидуальной защиты от поражения рук электрическим током, средства защиты органов дыхания и зрения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</p>	<p>Воздействие на атмосферу, на гидросферу отсутствует.</p> <p>Воздействие на селитебную зону: возможны выбросы озона в количествах, превышающих допустимую норму.</p> <p>Воздействие на литосферу: при пренебрежении процедурой утилизации вышедшего из строя фильтра его металлические части могут оказывать воздействие на окружающие почвы, окисляя их.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС: техногенного характера (пожар, аварии с выбросом или угрозой выброса); природного характера (землетрясение).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар (причина – короткое замыкание), выброс озона (причина – разгерметизация установки).</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Жгуга Вадим Андреевич		

Социальная ответственность

4.1 Введение

Данный проект ВКР представляет из себя разработку системы автоматизированного управления для электростатических фильтров, а также разработку самой системы электростатических фильтров. Областью применения данных фильтров является их установка в помещениях, требующих химической и механической очистки воздуха, на промышленных и/или наукоёмких предприятиях. Потенциальными потребителями таких систем могут быть углесжигающие предприятия, заводы по переработке углеводородов. Также такие фильтрационные системы могут использоваться для регенерации воздуха в средах с полной или частичной изоляцией атмосферы, например, в глубокоземных бункерах или на космических станциях. Поскольку одним из побочных продуктов работы таких установок является озон, неустойчивое, но крайне химически активное соединение, то возникает необходимость провести анализ степени безопасности использования таких установок.

В данном разделе приводится описание процесса разработки системы автоматизированного управления электростатическими фильтрами с точки зрения обеспечения безопасности на рабочем месте. Перечисляются все правовые и законодательные нормы, регламентирующие условия проведения опытов и соблюдения рабочего процесса, а также требования к компоновке рабочей зоны, обеспечению безопасности во время разработки и непосредственной эксплуатации системы электростатических фильтров.

Помимо этого, в данном разделе рассматриваются вопросы охраны окружающей среды, проводится исследование возможных чрезвычайных ситуаций, прописываются алгоритмы действия сотрудников при возникновении ситуаций такого рода, а также прописываются регламенты защиты здоровья сотрудников при работе за данным стендом.

Рабочим местом для выполнения проекта служит помещение размерами 10×8 м² со следующим оборудованием: персональный компьютер, лабораторный стенд.

К осуществляемым рабочим процессам относятся разработка и тестирование программ управления на персональном компьютере, монтаж и сборка стенда, проведение опытов на учебном стенде.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте

Определим продолжительность времени работы за стендом. С учётом всех ранее перечисленных вредных и опасных производственных факторов, примем работу за стендом за полноценную трудовую деятельность. Таким образом, режим рабочего времени регламентируется трудовым кодексом Российской Федерации (далее – ТК РФ) [17]. Согласно 91-й статье ТК РФ, общая продолжительность трудовой недели составляет 40 часов рабочего времени. Нагрузка должна быть распределена равномерно. Таким образом, рабочая смена не может составлять более 8 часов рабочего времени при 5-дневной рабочей неделе или более 7 часов рабочего времени при 6-дневной рабочей неделе. Также необходимо учитывать то, что в ходе рабочего процесса должны быть организованы перерывы продолжительностью 10-15 минут через каждые 2 часа рабочего времени, а также должен быть организован один обеденный перерыв продолжительностью не менее 30 минут и не более 120.

Определившись с рабочим графиком, пропишем основные положения, касающиеся эргономики рабочего пространства. Ввиду того, что большую часть времени человек будет проводить сидя за компьютером, исполняя роль оператора, обратимся к документам, регламентирующим подобный образ работы.

В соответствии с ГОСТ Р 50923-96 [18], которые содержат эргономические требования к рабочему месту, необходимо обеспечить комфортную среду для оператора. Основными компонентами рабочего места являются рабочий стол, рабочий стул (кресло), дисплей и клавиатура.

Для монитора ЭВМ требуется, чтобы его конструкция позволяла оператору наблюдать экран фронтально. Для этого корпус монитора может быть повернут в горизонтальной плоскости на угол до 30 градусов относительно вертикальной оси, а также в вертикальной плоскости на угол до 30 градусов относительно горизонтальной оси с возможностью фиксации в нужном положении.

При создании рабочего места необходимо учитывать требования ГОСТ 12.2.032-78 "ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования" [19] с целью минимизации воздействия вредных факторов на автора проекта. Некоторые ключевые моменты из этого стандарта включают следующее:

- Помещения, где установлены ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями.
- Ежедневно проводится влажная уборка и систематическое проветривание помещений с ПЭВМ.
- Рекомендуется расстояние между глазами пользователя и экраном видеомонитора составлять от 600 до 700 мм.

Также, учитывая специфику операторской работы, необходимо регламентировать грамотное размещение источников света на рабочем месте, потому как при продолжительной работе за компьютером, наибольшая физиологическая нагрузка приходится на зрительные органы сотрудника.

Производственная безопасность

Для обеспечения производственной безопасности необходимо более внимательно рассмотреть ранее перечисленные опасные производственные факторы, а также предупредить их влияние на организм человека, перечислив рекомендованные средства индивидуальной защиты, согласно нормативным документам, в частности ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [20].

Таблица 27 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Вредные факторы	
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНИП 23-05-95* [21].
Повышенный уровень электромагнитных излучений	Требования к уровню электромагнитных излучений изложены в СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [22].
Отклонение показаний микроклимата	Требования к показаниям микроклимата определены в ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [23].
Опасные факторы	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи на пластинах ионизатора	Требования к электробезопасности изложены в ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [24].
Повышенная концентрация озона в области работающей установки	ГОСТ 31829.2012 "Оборудование озонаторное. Требования безопасности"[25]

.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Наиболее типичными последствиями недостаточной освещённости рабочего места являются ухудшение зрения, увеличение риска развития глазных заболеваний.

Требования к освещению рабочей зоны оператора основаны на документе СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение", который является актуализированной редакцией СНиП 23-05-95 [26]. Согласно этому документу, следующие требования предъявляются к освещению:

Минимальный уровень освещенности для операторских рабочих мест составляет 500 люкс. Максимальный уровень освещённости экрана равен 300 люкс. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником данного фактора является электромагнитное поле, создаваемое ионизатором между его электродами и в непосредственной близости от них. Наиболее типичными заболеваниями, которые могут возникнуть у человека вследствие повышенного уровня электромагнитных излучений, являются электромагнитная гиперчувствительность (ЭМГЧ) и различные нервно-психические расстройства. У людей, страдающих ЭМГЧ, возникают симптомы, такие как головные боли, головокружение, сонливость, раздражительность, проблемы с концентрацией, а также симптомы депрессии и тревоги. Некоторые люди могут также испытывать физические симптомы, такие как покалывание кожи, покраснение или сухость глаз, нарушение сна и др.

Согласно документу СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", допустимый уровень электромагнитных излучений на рабочем месте для электрических полей с частотой 50 Гц,

допустимое значение экспозиции составляет 25 кВ/м для электрического поля и 250 мкТл для магнитного поля.

.3 Отклонение показаний микроклимата

Согласно требованиям, определенным в ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны", следует соблюдать рекомендации для поддержания приемлемого уровня качества воздуха в рабочей зоне. Основные факторы, характеризующие показатели микроклимата:

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Несоблюдение норм микроклимата в рабочем помещении может негативно отразиться на сотруднике. Пониженная температура провоцирует язвенные болезни, радикулит; могут появиться новые заболевания, связанные с органами дыхания и сердечно-сосудистой системы. Охлаждение тела работника может привести к производственным авариям. Повышенная температура воздуха снижает производительность труда, способствует развитию заболеваний общего характера.

Показатели микроклимата разделены на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. У работника, находящегося в помещении с допустимыми показателями микроклимата, может снизиться работоспособность, но такие условия не влекут за собой ухудшение здоровья.

Рабочее место, с соблюдением оптимальных значений микроклимата, способствует высокому уровню работоспособности и гарантирует нормальное здоровье работнику. Согласно вышеуказанному нормативному документу, работа с ПЭВМ относится к категории работ 1б. Таким образом, в таблице 18

приведены допустимые и оптимальные значения показателей микроклимата холодного и теплого периода года для категории работ 1б.

Таблица 28 – Оптимальные и допустимые значения микроклимата

Тип величины	Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные	Холодный	21-23	20-24	40-60	0,1
	Теплый	22-24	21-25		
Допустимые	Холодный	19-20,9	18-25	15-75	0,1
	Теплый	20-21,9	19-29		0,3

Во избежание проблем со здоровьем в условиях допустимого микроклимата или хуже, необходимо использовать одежду для поддержания внутренней температуры тела и проводить регулярные физкультминутки.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи на пластинах ионизатора.

Поражение человека электрическим током может иметь серьезные последствия для здоровья и жизни. Наиболее типичные последствия включают ожоги, повреждения тканей, нарушения сердечно-сосудистой системы, нервной системы и органов дыхания. Поражение электрическим током может вызвать судороги, потерю сознания, сердечные аритмии, остановку сердца или остановку дыхания, что может привести к фатальному исходу. Даже при небольшом поражении током могут возникнуть долгосрочные последствия, такие как нарушение функций органов, хронические боли и психологические расстройства.

Для обеспечения безопасности работников от поражения электрическим током необходимо применять средства индивидуальной защиты рук. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ "Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" определяет требования к средствам

индивидуальной защиты рук. Одним из наиболее распространенных средств защиты являются изолирующие резиновые перчатки. Кроме перчаток, могут применяться и другие средства защиты, такие как изолирующие накладки, рукавицы и диэлектрические коврики.

Возможность отравления озоном

Источником этого фактора является процесс синтеза озона на этапе конструирования установки. Поскольку так или иначе с ним придётся контактировать, необходимо прописать основные меры защиты от него.

Последствиями воздействия озона на организм являются раздражение дыхательных путей, воспаление лёгких, астматические приступы, повреждение лёгочной ткани, а также поражение слизистых и глаз человека.

Норма предельно-допустимой концентрации озона на рабочем месте при условии 8-часового рабочего дня регулируется документом ГОСТ 31829.2012 "Оборудование озонаторное. Требования безопасности". Согласно этому стандарту, предельно-допустимая концентрация озона на рабочем месте не должна превышать 0,1 мг/м³. Это значение установлено для обеспечения безопасных условий работы и защиты здоровья работников от вредного воздействия озона.

В отношении средств индивидуальной защиты глаз и слизистых человека, ГОСТ 31829.2012 устанавливает требования к охране зрения и дыхательных путей. Средства индивидуальной защиты, такие как защитные очки, маски или респираторы, могут использоваться для предотвращения попадания озона в глаза и дыхательные пути.

Экологическая безопасность

В данном подразделе описывается возможное негативное влияние электростатического фильтра на окружающую среду. В частности, стоит рассмотреть влияние озонаторного оборудования на литосферу, атмосферу, гидросферу и селитебную зону.

Литосфера

В нормальных условиях работы воздействие ионизатора на литосферу будет отсутствовать. Однако рассмотрим вариант, при котором неисправное или вышедшее из строя оборудование не было должным образом утилизировано. В таком случае отсутствие утилизации списанного оборудования может негативно повлиять на литосферу в нескольких аспектах:

Загрязнение почвы: отсутствие утилизации списанного оборудования может привести к выбросу опасных химических веществ, которые загрязняют почву, когда оборудование разлагается и в нем находящиеся вредные компоненты начинают распадаться. Также при обслуживании и ремонте этого оборудования могут использоваться опасные химические вещества, которые могут оказаться на почве и привести к ее загрязнению.

Разрушение почвы: списанное оборудование, которое оставляют на месте без утилизации, может препятствовать росту растений, что в свою очередь приводит к эрозии почвы.

Изменение ландшафта: отсутствие утилизации оборудования может привести к накоплению мусора и его неправильному хранению, что в свою очередь может привести к изменению ландшафта и нарушению экологического баланса.

Опасность для животных: если списанное оборудование содержит опасные вещества, то оно может стать опасным для животных, которые могут случайно попасть на свалку или на место, где оборудование было оставлено без утилизации.

В целом, отсутствие утилизации списанного оборудования может негативно повлиять на литосферу и окружающую среду, поэтому важно принимать меры для его безопасной утилизации.

Селитебная зона

Озонаторное оборудование, при неправильном использовании или неправильной эксплуатации, может иметь негативное влияние на людей, проживающих в селитебной зоне, во время своей работы.

Определим предельно допустимую концентрацию озона для населённых мест. Максимальной разовой ПДК является $0,16 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная составляет $0,03 \text{ мг/м}^3$. Озон имеет 1-й класс опасности, согласно Постановлению об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" [27].

Для предотвращения негативного влияния озонаторного оборудования на людей в селитебной зоне необходимо соблюдать рекомендации и требования, изложенные в соответствующих нормативных документах, включая ГОСТ 31829.2012. Также важно обеспечивать правильную установку, эксплуатацию и обслуживание озонаторов, контролировать концентрацию озона в воздухе и принимать меры для минимизации его воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе описаны алгоритмы действий сотрудников при возникновении наиболее типичных для данного проекта чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС). Наиболее типичными ЧС техногенного характера являются возникновение пожара в ходе неисправности электрооборудования

или нарушения правил безопасности при работе с ним и выбросы озона с последующим превышением допустимой нормы концентрации.

При возникновении пожара или признаков горения (дым, повышение температуры, запах гари), сотруднику необходимо:

Немедленно уведомить пожарную службу по номеру «01» о случившемся ЧС, сообщив адрес происшествия и свою фамилию.

Обесточить электропитание.

Открыть все запасные выходы из здания.

Закрывать все окна, двери следует держать немного приоткрытыми.

По возможности, принять меры по эвакуации людей и документов.

Приступить к тушению огня имеющимися средствами пожаротушения.

Встретить прибывшую команду пожарной службы и покинуть здание согласно плану эвакуации.

Согласно статье 8 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" возможный пожар на рабочем месте является относится к классу пожаров горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е) [28]. Для тушения пожара такого класса необходимо применять исключительно углекислотные или порошковые огнетушители, находящиеся в помещениях офиса. Огнетушители должны быть в каждом помещении и быть готовыми к использованию.

Алгоритм действий для сотрудников при выбросе озона на предприятии может быть следующим:

1. Обнаружение выброса озона: Сотрудники должны быть обучены распознавать признаки выброса озона, такие как характерный запах, раздражение глаз и дыхательных путей, покраснение кожи и другие симптомы. При обнаружении подозрительных признаков, необходимо немедленно сообщить об этом ответственному лицу или службе безопасности.

2. Эвакуация: в случае выброса озона, сотрудники должны немедленно покинуть зону выброса и двигаться к безопасной области. Эвакуация должна происходить с соблюдением всех процедур и инструкций, установленных предприятием.

3. Уведомление ответственных лиц: После эвакуации, сотрудники должны сообщить о выбросе озона ответственным лицам или службе безопасности предприятия. Это позволит быстро принять необходимые меры для предотвращения распространения озона и минимизации его воздействия на окружающую среду и здоровье людей.

4. Изоляция и предотвращение распространения: Если возможно, необходимо принять меры по изоляции и ограничению зоны выброса озона. Это может включать закрытие дверей и окон, выключение систем вентиляции, а также применение противозафузионных средств или барьеров для предотвращения распространения озона на другие рабочие зоны.

5. Защита дыхательных путей и кожи: Сотрудники, которые должны оставаться в зоне выброса озона для выполнения неотложных задач, должны быть оснащены средствами индивидуальной защиты. Это может включать использование респираторов, защитных масок, очков, рукавиц и других средств для защиты дыхательных путей и кожи от воздействия озона.

6. Соблюдение инструкций и руководств: Сотрудники должны строго соблюдать все инструкции и руководства, предоставленные предприятием, относительно выброса озона. Это включает соблюдение правил эвакуации, использование средств индивидуальной защиты, уведомление ответственных лиц и соблюдение предписаний по предотвращению распространения и устранению выброса озона.

7. Послеинцидентные меры: После устранения выброса озона и возврата в нормальные условия, необходимо провести анализ происшедшего инцидента и принять меры для предотвращения подобных ситуаций в

будущем. Это может включать ревизию процедур работы с озонаторами, обучение сотрудников, обновление системы безопасности и т.д.

Важно, чтобы сотрудники были хорошо обучены и осведомлены о процедурах и мерах безопасности при выбросе озона на предприятии. Постоянное обновление знаний и проведение тренировок помогут обеспечить безопасную и эффективную работу с озонаторным оборудованием.

Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В результате анализа раздела "Социальная ответственность" были идентифицированы основные нормативные акты, регулирующие безопасность труда на рабочем месте. Основываясь на этих нормативных документах, были установлены необходимые параметры для освещения, микроклимата и уровня шума на рабочем месте. Соблюдение этих параметров способствует поддержанию высокой работоспособности в течение рабочего дня и повышению производительности.

Помещению, в котором проводятся работы с электростатическими фильтрами присвоена II категория электробезопасности в соответствии с пунктом 1.7 ПУЭ и категория «Г» взрывопожарной опасности согласно СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" [29].

Согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, персоналу, занимающемуся обслуживанием систем с электрическим приводом при напряжении до 1000В, должна быть присвоена II группа по электробезопасности.

Работе, проводимой в помещении с ионизатором присвоена средняя категория труда (Б), согласно СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и/или безвредности для человека факторов среды обитания".

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями на 7 октября 2021 года) объект относится к IV категории [30].

Заключение

В ходе составления выпускной квалификационной работы бакалавра были выполнены все этапы, прописанные в техническом задании к выполнению работы, а также соблюдены все требования к выполнению этих этапов.

Был произведён анализ литературы по соответствующей тематике и изучение конструкций устройств электростатических фильтров.

Было проведено исследование основных принципов работы настоящего ионизатора, на основе которого разработана и спроектирована схема автоматизированного управления электростатическим фильтром.

Написана и проверена программная математическая модель процесса. Для системы автоматизации были составлены структурная схема проекта, функциональная схема автоматизации и схема внешних соединений.

Были прописаны требования к оборудованию системы и произведён подбор оборудования согласно этим требованиям.

В разделах ВКР «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность» были рассмотрены вопросы обеспечения безопасности на рабочем месте инженера и рентабельность идеи рыночного развития данного проекта.

Список источников

1. Патент 2356632 Россия. МПК В03С 3/15. Фильтр очистки газового потока. В.Б. Лапшин, А.А. Палей. Оpubл. 27.05.2009. Бюлл. № 15.
2. Патент 179145 Россия. МПК В03С 3/08. Электростатический фильтр для очистки воздуха. В.Ю. Цыпкин Оpubл. 28.04.2018.
3. Патент 163578 Россия. МПК В03С 3/41. Электростатический фильтр для очистки воздуха. И.О. Сидоров Оpubл. 27.07.2016.
4. Патент 170798 Россия. МПК В03С 3/02. Ячейка газоконвертора плазменная газоразрядная. И.О. Сидоров Оpubл. 11.05.2017.
5. Дмитрий Мансфельд, Сергей Синцов, Никита Чекмарев, Александр Водопьянов, Журнал по утилизации CO₂, №40, 2020, стр. 4-7.
6. Леонов Сергей Владимирович, Жгута Вадим Андреевич, НИИ ТПУ, г. Томск, Томская Область, Ст. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМЕННОГО ПИРОЛИЗА, стр. 2-3
7. ГОСТ 34.602-89 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы»
8. ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах»
9. ГОСТ Р 58908.12-2020 (ИСО 81346-12:2018) «Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и коды»
10. ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»
11. ПЛК160(M02) Программируемый логический контроллер, Руководство по эксплуатации, 07.2021, версия 1.18

12. ТРН-1-25-ЦВ Тиристорный регулятор напряжения, паспорт, ООО "ЭНЕРГИС", Киров, 2015г.
13. Каталог продукции, интеллектуальные датчики СДВ, НПК ВИП, Екатеринбург, 2018г.
14. МПТ-01 температурный преобразователь, спецификация, МераПрибор, редакция 2.1
15. SCHMIDT SS20.250 погружной расходомер, SCHMIDT Technology, Санкт-Петербург
16. ОВЕН ПКГ 100-CO2 преобразователь концентрации газа, руководство по эксплуатации, Москва
17. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 1 марта 2022 года)
18. ГОСТ Р 50923-96. «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения»
19. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»
20. ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
21. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНИП 23-05-95*
22. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
23. Требования к показаниям микроклимата определены в ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

24. Требования к электробезопасности изложены в ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

25. ГОСТ 31829.2012 "Оборудование озонаторное. Требования безопасности"

26. СП 52.13330.2016 "Естественное и искусственное освещение", который является актуализированной редакцией СНиП 23-05-95

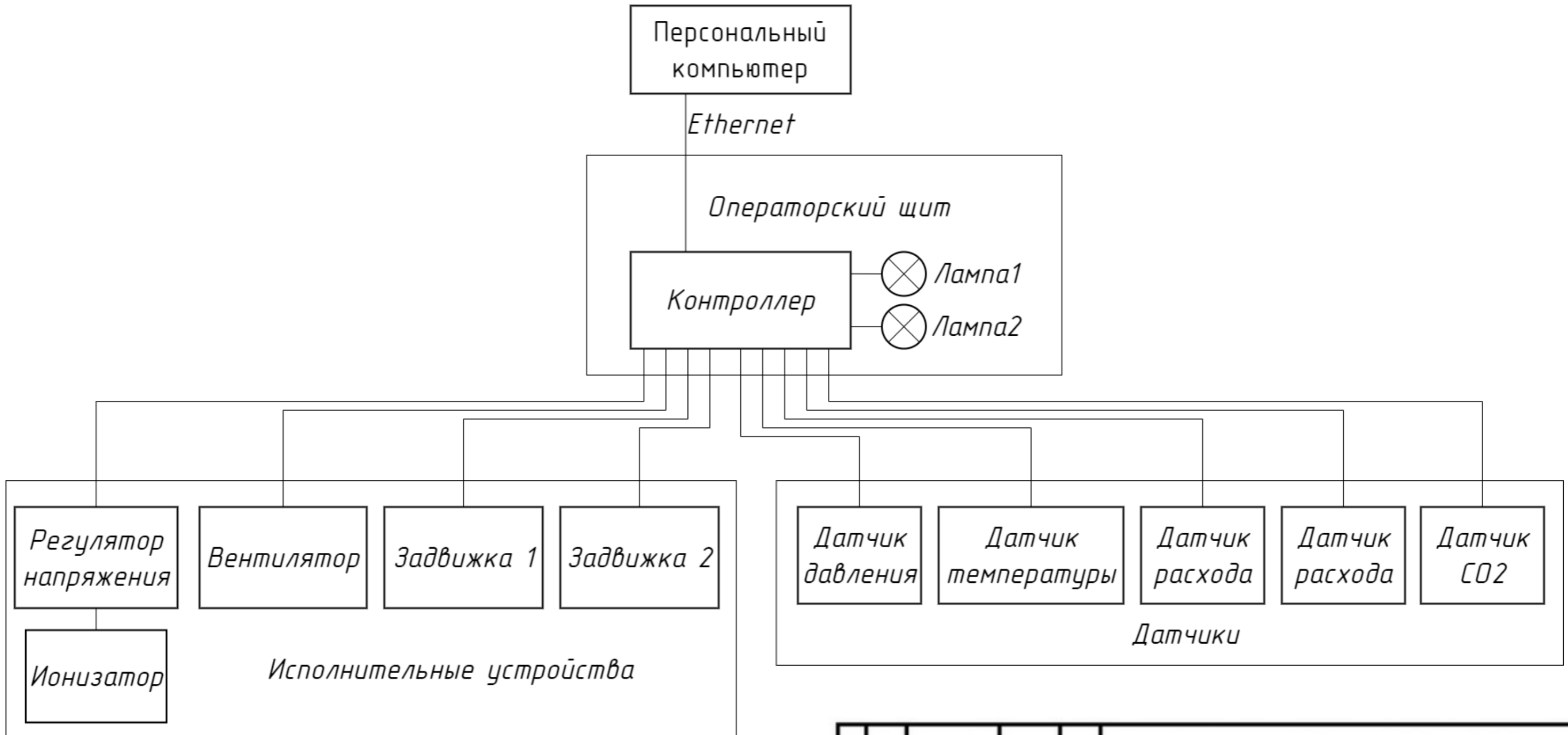
27. ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений"

28. 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

29. СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности"

30. Постановление Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий»

Приложение А
(обязательное)
Структурная схема автоматизации

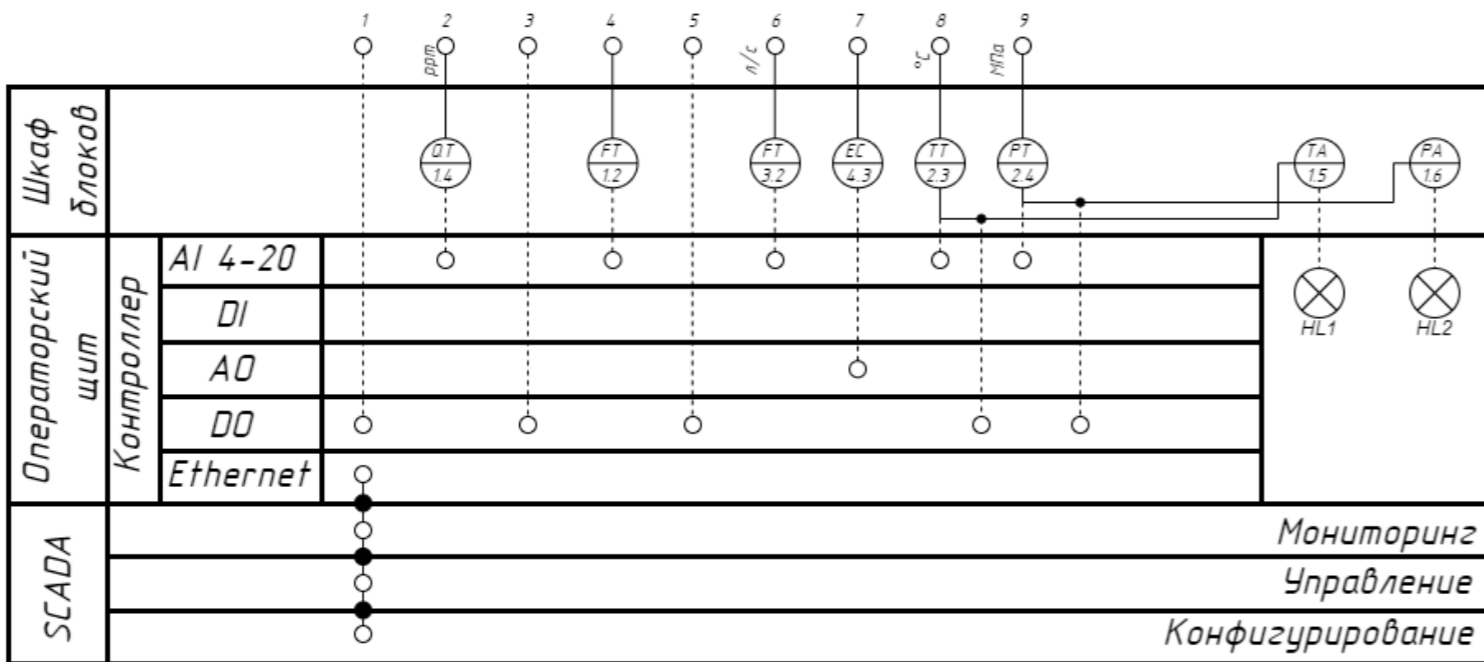
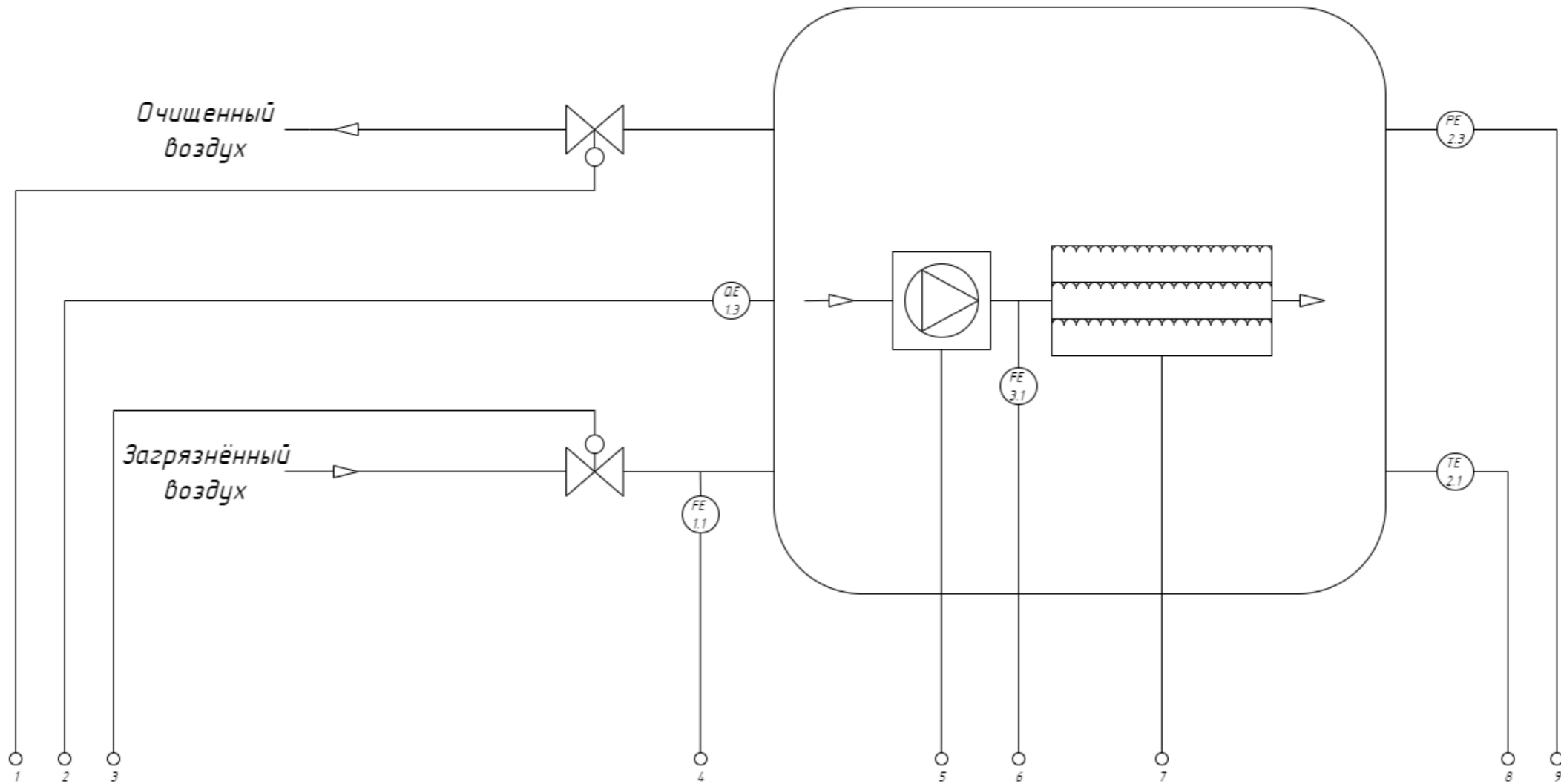


					ФЮРА 2.5		
					Схема электростат. фильтра		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					У.		1:1
Разраб.		Жгута В.А.		23.11.22			
Проб.		Леонов С.В.		23.11.22			
					Лист	1	Листов
							1
					НИ ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

Приложение Б

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Жгута В.А.		23.11.22
Проб.		Леонов С.В.		23.11.22

ФЮРА 2.6		
Схема электростат. фильтра		
Лит.	Масса	Масштаб
У.		1:1
Лист	1	Листов 1
НИ ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		

Приложение В
(обязательное)
Схема внешних соединений

Перв. примен.

Справ. №

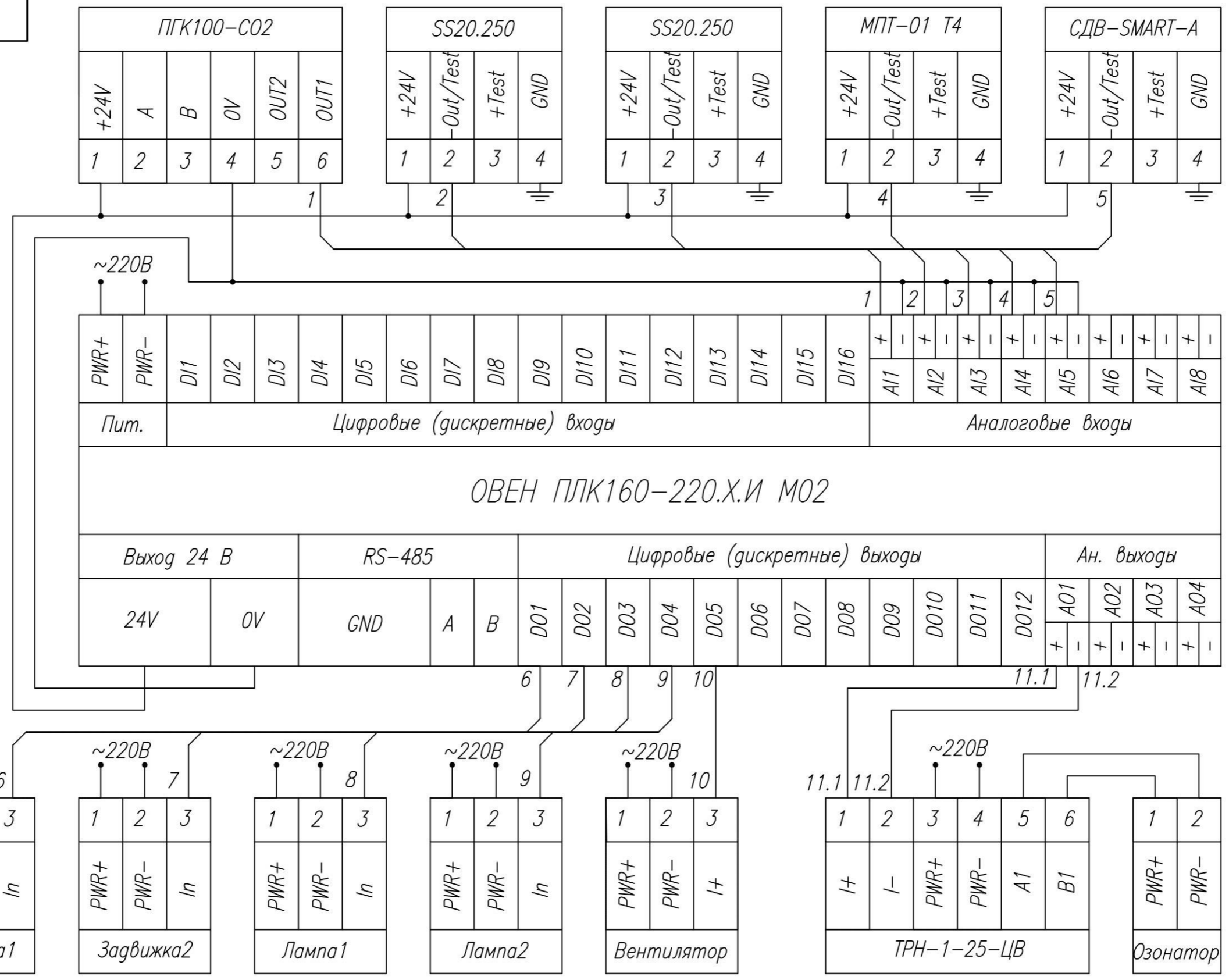
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



					ФЮРА 2.8		
					Схема внешних соединений		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Жгута В.А.			у		1:1
Пров.		Леонов С.В.					
Т.контр.					Лист 1	Листов 1	
Н.контр.					НИ ТПУ ИШИТР Группа 8Т92		
Утв.							

Приложение Г

(обязательное)

Код и блок-схема математической модели

Листинг Г1 – код математической модели

```
1. from matplotlib import pyplot as plt
2. from matplotlib import style
3.
4. iznach_conc = 0.035
5. moschnost = 0.14
6. obiem = 120
7. skorost = 8.5
8. style.use('ggplot')
9. #plt.rcParams['axes.facecolor'] = (0.5, 0, 0)
10. x = []
11. y = []
12.
13. x_dead = []
14. y_dead = []
15.
16. x_danger = []
17. y_danger = []
18.
19. x_norm = []
20. y_norm = []
21.
22. x_clear = []
23. y_clear = []
24. i=0
25. while(iznach_conc>=0.004):
26.     x.append(i)
27.     y.append(iznach_conc*100)
28.
29.     x_dead.append(i)
30.     y_dead.append(0.015*100)
31.
32.     x_danger.append(i)
33.     y_danger.append(0.01*100)
34.
35.     x_norm.append(i)
36.     y_norm.append(0.006*100)
37.
38.     x_clear.append(i)
39.     y_clear.append(0.004*100)
40.     iznach_conc = (iznach_conc*(obiem-skorost) + skorost*iznach_conc*(1-
moschnost))/obiem
41.     i+=1
```

Продолжение листинга Г1 – код математической модели

```
42. plt.plot(x, y, 'blue', label='line one', linewidth=5)
43. plt.plot(x_dead, y_dead, 'red', label='line two', linewidth=2)
44. plt.plot(x_danger, y_danger, 'orange', label='line three', linewidth=2)
45. plt.plot(x_norm, y_norm, 'yellow', label='line four', linewidth=2)
46. plt.plot(x_clear, y_clear, 'green', label='line five', linewidth=2)
47.
48. plt.title("Зависимость концентрации углекислого газа от времени")
49. plt.xlabel('Время работы t, мин')
50. plt.ylabel('Концентрация CO2, %')
51. print(i)
52.
53. plt.show()
```

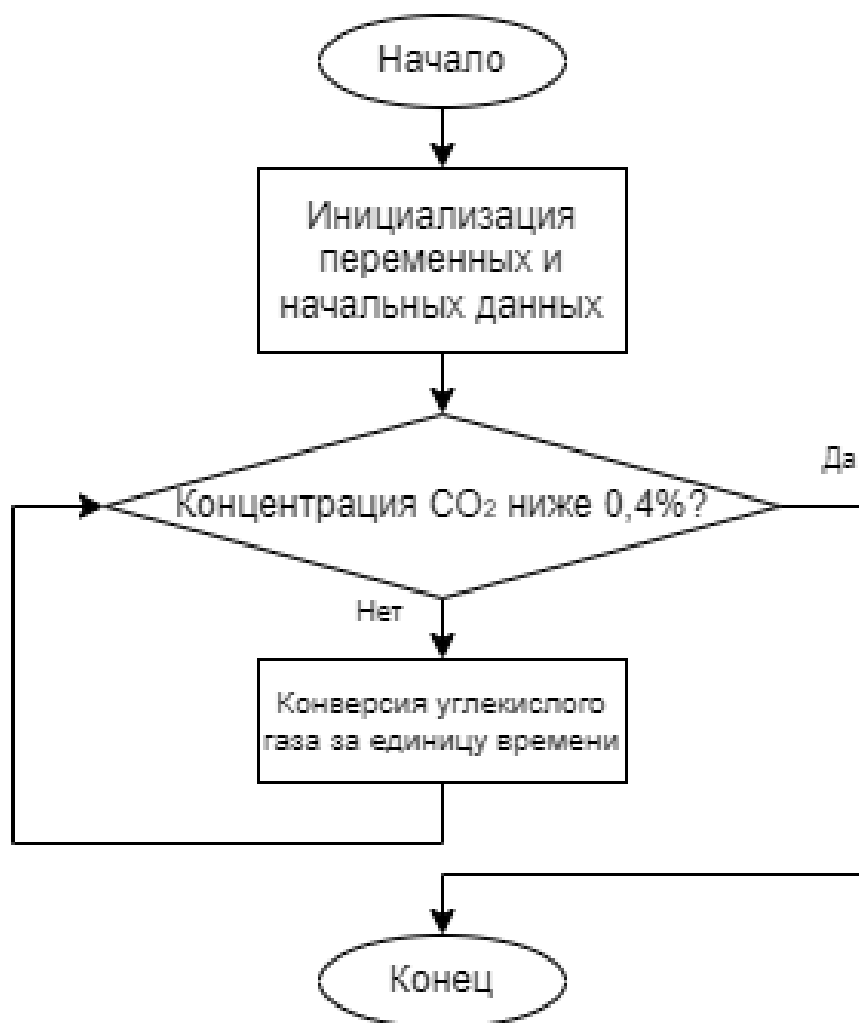


Рисунок Г2 – Блок-схема работы программы