



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

### **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы	
Автоматизация установки плазмохимической конверсии парниковых газов	

УДК 681.51:661.971.088

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Сладков Максим -		

Руководитель ВКР

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

### **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., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	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	Цавнин Алексей Владимирович	к.т.н., доцент		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-6</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>ПК(У)-1</b>	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
<b>ПК(У)-2</b>	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
<b>ПК(У)-3</b>	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
<b>ПК(У)-4</b>	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
<b>ПК(У)-5</b>	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
<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить диагностику состояния и динамики

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
	производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
<b>ПК(У)-7</b>	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
<b>ПК(У)-8</b>	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
<b>ПК(У)-9</b>	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
<b>ПК(У)-10</b>	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
<b>ПК(У)-11</b>	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

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>ПК(У)-18</b>	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,
<b>ПК(У)-19</b>	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления 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
<b>ПК(У)-20</b>	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
<b>ПК(У)-21</b>	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
<b>ПК(У)-22</b>	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	Сладков Максим -

Тема работы:

Автоматизация установки плазмохимической конверсии парниковых газов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№34-90/с от 03.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <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>Объект исследования: установка плазмохимической конверсии парниковых газов. Цель работы: разработка автоматизированной системы управления установкой плазмохимической конверсии парниковых газов. Режим работы: непрерывный.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> <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>	<p>Описание технологического процесса; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка структурной схемы автоматизированной системы; Выбор контрольно-измерительных приборов и контроллерного оборудования; Разработка алгоритма сбора и обработки информации;</p>

	Разработка системы автоматического регулирования концентрации углекислого газа; Разработка экранной формы автоматизированной системы;
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Функциональная схема автоматизации (в соответствии с ГОСТ 21.408-2013); Структурная схема автоматизации; Блок-схема алгоритма управления сбора и обработки информации; Структурная схема системы автоматического регулирования; Экранная форма;
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Магеррам Али оглы, профессор ОСГН, д.э.н.
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна, ст. преподаватель ООД ШБИП

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

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

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Сладков Максим -		

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	Сладков Максим -

Тема работы:

Автоматизация установки плазмохимической конверсии парниковых газов
---

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	05.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2023 г.	Основная часть ВКР	60
30.05.2023 г.	Раздел «Социальная ответственность»	20
30.05.2023 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	20

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Сладков Максим -		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 16 рисунков, 31 таблицу, 39 источников и 4 приложения.

Ключевые слова: установка плазмохимической конверсии парниковых газов, автоматизация, газ, регулирование, контроль, SCADA-система.

Объектом исследования является: установка плазмохимической конверсии парниковых газов.

Цель работы – разработка автоматизированной системы управления установкой плазмохимической конверсии парниковых газов.

В данной работе разработана система управления и контроля технологическим процессом на базе программируемого логического контроллера АБАК ПЛК и SCADA-системы Trace Mode. В процессе исследования проводился анализ технологического процесса, сравнительный анализ исполнительных механизмов, датчиков и SCADA-систем.

Для выполнения работы были использованные программные продукты Trace Mode IDE 6, AutoCAD 2020, Matlab 2022b, Microsoft Word 2016.

Результатом является подбор датчиков, контроллера, составление структурной, функциональной схемы, разработанные экранная форма управления и алгоритм управления, а также моделирование системы автоматического регулирования в Matlab.

## Содержание

Обозначения и сокращения.....	13
Введение.....	14
1. Техническое задание.....	16
1.1 Задание на проектирование автоматизации установки плазмохимической конверсии парниковых газов.....	16
1.2 Требования к видам обеспечений.....	17
1.2.1 Требования к техническому обеспечению.....	17
1.2.2 Требования к информационному обеспечению.....	17
1.2.3 Требования к математическому обеспечению.....	17
1.2.4 Требования к метрологическому обеспечению.....	18
1.2.5 Требования к программному обеспечению.....	18
2. Описание технологического процесса.....	20
3. Разработка функциональной схемы автоматизации.....	24
4. Разработка структурной схемы автоматизированной системы.....	25
5. Контрольно-измерительные приборы, контроллерное оборудование.....	26
5.1 Выбор датчика концентрации углекислого газа.....	26
5.2 Выбор датчика метана.....	27
5.3 Выбор датчика температуры.....	28
5.4 Выбор расходомера.....	29
5.5 Выбор регулятора напряжения.....	30
5.6 Выбор ПЛК.....	31
5.7 Выбор запорно-регулирующего клапана с электроприводом.....	32
5.8 Выбор частотного преобразователя.....	33
6. Разработка алгоритма сбора и обработки данных.....	35
7. Разработка системы автоматического регулирования концентрации углекислого газа.....	37
8. Разработка экранной формы АС.....	42

9.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	45
9.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	45
9.2	Анализ конкурентных технических решений .....	45
9.3	SWOT-анализ .....	47
9.4	Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	48
9.4.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	48
9.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	49
9.4.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	50
9.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	54
9.5.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	54
9.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .	55
9.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы.....	56
9.5.4	Расчет дополнительной заработной платы.....	58
9.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	59
9.5.6	Накладные расходы.....	59
9.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	60
9.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	61
10.	Социальная ответственность.....	66
10.1	Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности	66
10.1.1	Режим рабочего времени.....	66
10.1.2	Эргономические требования к рабочему месту.....	67
10.2	Производственная безопасность.....	68
10.2.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	68
10.2.2	Анализ вредных факторов.....	69

10.2.2.1	Отклонение показателей микроклимата.....	69
10.2.2.2	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения .....	71
10.2.2.3	Повышенный уровень шума .....	72
10.2.2.4	Повышенное значение электромагнитного излучения.....	73
10.2.3	Анализ опасных факторов.....	75
10.2.3.1	Электробезопасность.....	75
10.2.3.2	Экологическая безопасность .....	76
10.2.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	76
10.3	Вывод по разделу «Социальная ответственность» .....	78
	Заключение .....	79
	Список использованной литературы.....	80
	Приложение А (Обязательное) Функциональная схема автоматизации.....	85
	Приложение Б (Обязательно) Структурная схема автоматизации .....	86
	Приложение В (Обязательное) Блок-схема алгоритма сбора и обработки информации .....	87
	Приложение Г (Обязательное) Экранная форма АС.....	88

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие сокращения с соответствующими обозначениями:

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АС – автоматизированная система;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение;

ПИД-регулятор – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор;

САР – система автоматического регулирования;

ИУС – информационно-управляющая система.

## Введение

Автоматизация технологического процесса представляет собой комплекс методов, разнообразных технических устройств, программного обеспечения, алгоритмов работы между ними, которые позволяют без участия человека осуществлять управление объектом или оставляет ему лишь наиболее ответственные решения. Автоматизированный технологический процесс позволяет получать, обрабатывать и хранить данные о поведении объекта, его параметрах и состоянии. Основными целями автоматизации является повышение качества продукции, экономичности, эффективности производства, а также сокращение необходимого обслуживающего персонала.

Одним из преимуществ автоматизированных систем является возможность объединения всех процессов в системе воедино и управлять ей дистанционно, представляя информацию в простой и удобной для восприятия оператора форме, а именно мнемосхем. Также преимуществом внедрения АСУ ТП обеспечение качественного контроля над работой объекта.

Основными источниками парниковых газов в промышленности, выбрасываемых в атмосферу, являются энергетический сектор, добыча угля, нефти и газа, а также промышленность [1]. В нефтегазовой отрасли источниками парниковых выбросов служит сжигание газа на факельных установках, выбросы при транспортировке, а также при работе печей и котлов. На выбросы при нефтепереработке приходится порядка 72 % выбросов, а на переработку газа порядка 28%. Нефтепереработка является энергоемким процессом, для нагрева сырья используется широкий спектр печей и котельных. По данным МЭА, в 2017 году при переработке нефти выбросы CO<sub>2</sub>-экв составили 1174 млн. т. в год [2]. На нефтеперерабатывающих заводах половину выбросов обеспечивают печи и котлы.

В данной выпускной квалификационной работе производится разработка системы управления плазмохимической конверсией парниковых газов.

Целью данной работы является автоматизация установки плазмохимической конверсии парниковых газов.

## **1. Техническое задание**

### **1.1 Задание на проектирование автоматизации установки плазмохимической конверсии парниковых газов**

Автоматизированная система управления установкой плазмохимической конверсии парниковых газов предназначена для регулирования концентрации CO<sub>2</sub> в трубопроводе.

Цели разработки автоматизированной системы управления (АСУ):

- повышение эффективности конверсии парниковых газов;
- контроль технологических параметров;
- уменьшение трудовых ресурсов;
- уменьшение влияния человеческого фактора;
- обеспечение эффективного управления технологическим процессом;
- учет углекислого газа и метана газов в автоматическом режиме;

Автоматизация объекта должна обеспечить:

- автоматизированный контроль и управление в реальном времени установкой;
- контроль основных технологических параметров;
- безопасность технологического процесса;
- обеспечение достоверной и оперативной информацией оператора;
- сбор информации, ее передачу и хранение.

В соответствии с заданием на проектирование предусмотрен контроль следующих параметров:

- дистанционный контроль концентрации углекислого газа;
- дистанционный контроль концентрации метана;
- дистанционный контроль температуры отходящих газов;
- дистанционный контроль расхода отходящих газов.

## **1.2 Требования к видам обеспечений**

### **1.2.1 Требования к техническому обеспечению**

Используемое оборудование должно быть устойчивым к внешней среде с температурой от минус 50 °С до плюс 50 °С.

По каналам ввода и вывода должен иметься резерв не менее 20 %, также программно-технический комплекс должен допускать возможность наращивания, развития и модернизирования системы.

Контроллер должен иметь модульную архитектуру, которая позволяет реализовать свободную компоновку каналов ввода/вывода. Допускается при требовании ввода сигналов с датчиков, расположенных во взрывоопасной среде, использовать модули с искробезопасными входными цепями или внешние барьеры искробезопасности в отдельном конструктиве.

Датчики, предназначенные для использования в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Выбирая датчики, следует использовать модели с искробезопасными цепями.

Технические средства располагаемые непосредственно на технологической установке, должны иметь степень защиты от пыли и влаги не менее IP56, а также передавать данные по унифицированным сигналам.

### **1.2.2 Требования к информационному обеспечению**

По результатам проектирования должны быть представлены:

- функциональная схема автоматизации установки плазмохимической конверсии парниковых газов;
- экранная форма АС;
- структурная схема автоматизированной системы;
- алгоритм управления.

### **1.2.3 Требования к математическому обеспечению**

Применяемое математическое обеспечение автоматизированной системы должно представлять собой комплекс из моделей, алгоритмов обработки информации, математических методов, которые используются при

создании и работе системы. Обеспечение также должно позволять реализовывать различные компоненты средствами единого математического аппарата.

#### **1.2.4 Требования к метрологическому обеспечению**

Необходим датчик концентрации углекислого газа измерения концентрации на выходе. Основная относительная погрешность датчика не должна составлять более 15 процентов. Диапазон измерений должен быть от нуля, до минимум двадцати процентов объемной доли углекислого газа.

Датчик концентрации метана должен обладать погрешностью не более 10 %. Диапазон измерений процентов объемной доли содержания метана должен быть от нуля, до минимум 4 процентов.

Класс точности используемого датчика температуры не должен быть больше 0,25. Датчик должен обладать возможностью измерять температуру до плюс 350 °С.

Для измерения расхода допускается расходомер, с основной относительной погрешностью не более 1%.

#### **1.2.5 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

Используемое инструментальное программное обеспечение должно обеспечивать функции конфигурации базового и прикладного программных обеспечений. Набор функций настройки включает в себя создание и ведение баз данных конфигурации по выходным и входным сигналам, создание мнемосхем, конфигурацию алгоритмов управления и регулирования, конфигурирование трендов и отчетной документации.

Средства для создания специального прикладного ПО должны включать в себя универсальные и технологические языки программирования, а также соответствующие средства разработки, а именно компиляторы и отладчики. Технологические языки программирования должны соответствовать ГОСТ Р МЭК 61131-3 [3].

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных, соответствующих уровню функций ИУС, таких как измерение, опрос, фильтрация, визуализация и т.д. Специализированное прикладное ПО в свою очередь должно выполнять нестандартные функции соответствующего ему уровня ИУС, например специальные расчеты, алгоритмы управления и т.д.

## 2. Описание технологического процесса

Установка плазмохимической конверсии парниковых газов представляет собой реактор, внутри которого расположена система из электродов, на которые подается напряжение.

При работе установки плазмохимической конверсии парниковых газов применяется коронный разряд. При увеличении разности потенциалов между электродами, в определенный момент на электродах появляется свечение, которое является верным признаком того, что наступил коронный разряд. Вблизи электродов напряжение становится достаточным, для того чтобы ионы и электроны становились способны к ионизации нейтральных молекул за счет ударной ионизации.

Для образования коронного разряда одним из необходимых условий является наличие большой неоднородности электрического поля, потому электроды должны иметь маленький радиус скругления, то есть являться своего рода острием.

Под действием большой напряженности поля молекулы газа начинают расщепляться на положительные и отрицательные ионы, а также электроны. Так как они являются заряженными частицами, то под действием электрического поля, они начинают двигаться к противоположно заряженным электродам, учитывая неоднородность электрического поля, заряженные частицы ускоряются, следствием чего является увеличение их энергии. При достаточно большой энергии, частица, столкнувшись с нейтральной молекулой ионизирует ее, а при столкновении с другой заряженной частицей происходит либо повторная ионизация, либо расщепление если это молекула.

молекулы, встречающиеся на пути. Так происходит ионизация всего газа, находящегося между двумя электродами.

Процесс конверсии сопровождается осаждением пыли на электродах. Большая часть частиц пыли, находящейся в газе, получает отрицательный

заряд и как следствие осаждаются на положительных электродах. Оседающая на электродах пыль, которая заряжена отрицательно, начинает отталкивать другую, приближающуюся к электроду пыль. Что в свою очередь приводит к снижению эффективности пылеулавливания. Зачастую, чтобы нейтрализовать это негативное воздействие, электроды встряхивают, либо прочищают вручную.

На вход подаются отходящие газы, подлежащие очистке. Газы проходя через систему близко расположенных коронирующих электродов ионизируются. Возникшие электроны при ионизации нейтральных молекул ускоряются в электрическом поле, ударно ионизируют другие молекулы. В ходе таких многочисленных реакций происходит снижение концентрации молекул парниковых газов за счет конверсии.

Так как на электроды подается большое напряжение, в ходе очистки газов на них оседает пыль, сажа. Для очистки от пыли происходит встряхивание системы электродов. Упавшая пыль собирается в бункер.

В зависимости от требований, конструкция может иметь “мокрое” исполнение, которое предназначено для осаждения кислот, а также прочих химических соединений, или “сухое” исполнение, предназначено для улавливания пыли, механических частиц и очистки горячих газов.

Также конструкции разделяются по форме электродов. При трубчатом исполнении используются шестигранные или круглые металлические трубы, а коронирующим электродом является проволока, натянутая по оси труб. Газ, который необходимо очистить, поступает снизу, затем постепенно идет вверх, проходя вдоль электродов.

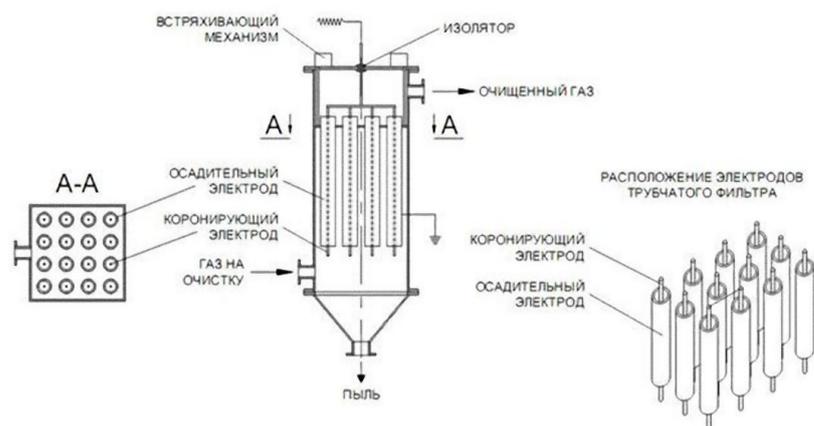


Рисунок 1 – Вертикальная конструкция

При пластинчатом исполнении, электродами выступают несколько параллельных поверхностей, между которыми подвешен ряд проводов, либо расположены ряды остриев. Причем пластины могут располагаться как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. Газ поступает в камеру и проходит между пластинчатыми электродами. Пыль оседает на пластинах и при скоплении встряхивается, пыль осыпается в нижнюю часть и удаляется.

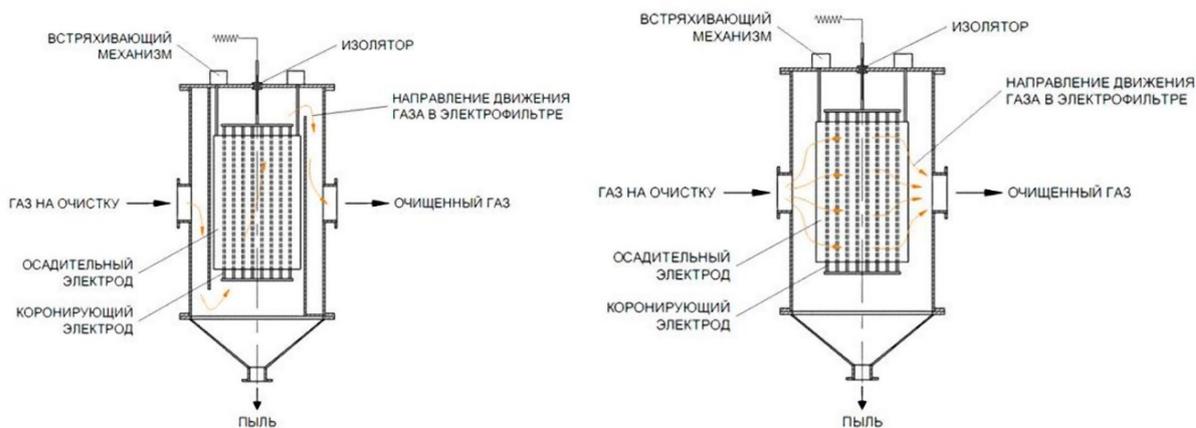


Рисунок 2 – Горизонтальные конструкции

Преимуществами трубчатого исполнения является немного лучшее распределение газа и более эффективное электрическое поле. Преимуществами пластинчатых конструкций, в сравнении с трубчатыми является простой монтаж, удобство встряхивания электродов, возможность увеличения производительности камеры без изменения ее размеров.

Основные условия на входе в систему представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия на входе в систему

Показатель	Единица измерения	Значение
Расход	м <sup>3</sup> /ч	140
Содержание CO <sub>2</sub>	% объема	10
Температура	°С	270
Абсолютное давление	кПа	110

Установка плазмохимической конверсии парниковых газов имеет пластинчатое, вертикальное исполнение и является “сухой”. Газ поступает в установку из отходящей трубы печи нагрева нефтепродуктов, которая использует в качестве топлива попутный нефтяной газ.

### **3. Разработка функциональной схемы автоматизации**

Функциональная схема автоматизации (ФСА) является одним из важнейших проектных документов, который определяет объем автоматизации функциональную структуру, основные технические решения, которые применяются при проектировании. ФСА является чертежом, на котором изображены условными обозначениями схематически технологическое оборудование, средства автоматизации, такие как датчики, регуляторы, вычислительные устройства и т.д., а также органы управления и необходимые коммуникации. Также на чертеже указываются связи между вышеперечисленными объектами.

Перечень решаемых задач при разработке ФСА технологического процесса:

- сбор первичной информации о состоянии оборудования и технологического процесса;
- регистрация и мониторинг параметров технологического процесса;
- регулирование, для управления и стабилизации необходимых параметров технологического процесса.

Во время выполнения чертежа ФСА использован ГОСТ 21.408-2013 “Правила выполнения рабочей документации технологических процессов”, который устанавливает состав и правила оформления рабочей документации АСУТП [4]. Также необходимо учитывать ГОСТ 21.208-2013 “Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах”, который нормирует условные обозначения приборов, средств автоматизации, которые применяются при выполнении проектной и рабочей документации. ФСА представлена в приложении А [5].

#### 4. Разработка структурной схемы автоматизированной системы

Автоматизированная система управления установкой плазмохимической конверсии парниковых газов является трехуровневой системой управления.

Полевой, он же нижний уровень, состоит из контрольно-измерительных приборов и исполнительных механизмов. Данное оборудование устанавливается непосредственно на технологическом объекте. На данном уровне расположены датчики концентрации углекислого газа, с нижнего уровня на средний информация поступает с помощью унифицированных сигналов, например (4 – 20) мА, (0 – 10) В, а также с помощью различных интерфейсов и протоколов передачи данных, например Modbus, Profibus, HART.

Следующим уровнем, на который передается информация с полевого, является контроллерный, иначе он называется средним. Средний уровень содержит программируемый логический контроллер (ПЛК), который бывает в составе шкафов автоматизации, а также кроссовые шкафы. Данный уровень выполняет функции сбора, первичной обработки и хранения информации о технологическом процессе, его параметрах и оборудовании, автоматического управления, регулирования, обмена информацией и исполнения команд. Связь между средним и верхним уровнями зачастую реализуется с помощью технологии Ethernet.

Далее, информация со среднего уровня передается на верхний уровень. На данном уровне выполняются функции визуализации данных в качестве мнемосхем, графиков, трендов, запись и архивирование информации в базах данных, формирование отчетной документации, а также формирование команд диспетчера. Верхний уровень представляет собой АРМ диспетчера и сервера.

Разработанная структурная схема автоматизации расположена в приложении Б.

## 5. Контрольно-измерительные приборы, контроллерное оборудование

### 5.1 Выбор датчика концентрации углекислого газа

Для измерения концентрации на выходе необходим датчик-газоанализатор. Выбор между Дукат Д 014, ДАК-CO2-126 и Сенсон-СВ-5031 приведен в таблице 2 [6,7,8].

Таблица 2 – Технические характеристики датчиков концентрации углекислого газа

Название	Дукат Д исп 014	ДАК CO2 126	Сенсон-СВ-5031
Диапазон измерений	(0 – 100) % об. доли	(0 – 20) % об. доли	(0 – 100) % об. доли
Погрешность	15 %	5 %	10 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	RS-485, HART, (4 – 20) мА	(4 – 20) мА, RS-485
Температура внешней среды	от минус 60 до плюс 50 °С	от минус 60 до плюс 80 °С	от минус 60 до плюс 50 °С
Степень защиты	IP65	IP 66	IP66
Срок службы	Не менее 10 лет	Не менее 10 лет	Не менее 10 лет
Цена, руб.	От 66 456	От 81 713	От 98 637

На рисунке 3 представлен выбранный датчик ДАК-CO2-126.



Рисунок 3 – ДАК-CO2-126

Исходя из технических характеристик, выбор был сделан в пользу датчика-газоанализатора ДАК-CO2-126, так как он имеет наименьшую погрешность. Данный датчик предназначен для непрерывного

автоматического измерения концентрации углекислого газа в технических средах. Обладает широким диапазоном температуры и временем установления показаний 10 секунд.

## 5.2 Выбор датчика метана

В таблице 3 представлены технические характеристики датчиков газоанализаторов концентрации метана, а именно МАРШ-Д 014, ДАК-СН4-027 и СЕНСОН-СВ-СН4 [9,10,11].

Таблица 3 – Технические характеристики датчиков концентрации метана

Название	МАРШ-Д 014	ДАК-СН4-027	Сенсон-СВ-5021 СН4
Диапазон измерений	(0-5) % об. доли	(0-4.4) % об. доли	(0.01-5) % об. доли
Погрешность	10 %	7.5 %	10 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	RS-485, HART, (4 – 20) мА,	токовый выход (4 – 20) мА, RS-485
Температура внешней среды	от минус 60 до плюс 50 °С	от минус 60 до плюс 90 °С	от минус 60 до плюс 50 °С
Степень защиты	IP65	IP 68	IP66
Срок службы	Не менее 10 лет	Не менее 10 лет	Не менее 10 лет
Цена, руб.	От 48984	От 87869	От 56 060

На рисунке 4 представлен выбранный датчик ДАК-СН4-027.



Рисунок 4 – ДАК-СН4-027

Исходя из представленной в таблице 3 информации, был выбран датчик-газоанализатор метана ДАК СН<sub>4</sub>, который хоть и дороже остальных, но обладает лучшей степенью защиты и меньшей степенью погрешности.

### 5.3 Выбор датчика температуры

В таблице 4 представлены технические характеристики датчиков температуры, ТПУ205, Метран-2700, Метран-276 [12,13,14].

Таблица 4 – Технические характеристики датчиков температуры

Название	ТПУ205	Метран-2700	Метран-276
Диапазон измерений	от минус 50 до плюс 500 °С	от минус 50 до плюс 600 °С	от минус 0 до плюс 400 °С
Класс точности	0,25	0,15	0,25
Выходной сигнал	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, (0 – 5) мА
Температура внешней среды	от минус 50 до плюс 85 °С	от минус 50 до плюс 85 °С	от минус 60 до плюс 50 °С
Степень защиты	IP66	IP 65	IP65
Срок службы	Не менее 15 лет	Не менее 8 лет	Не менее 10 лет
Цена, руб.	От 8 185	От 15710	от 7370

На рисунке 5 представлен выбранный датчик Метран-276.



Рисунок 5 – Метран-276

Исходя из диапазонов измерений и классов точности, наименьшая погрешность будет у датчика Метран-276, потому выбор сделан в его

сторону. Данные преобразователи температуры подходят нейтральных и агрессивных. Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный измерительный преобразователь выдают унифицированный выходной сигнал постоянного тока.

#### 5.4 Выбор расходомера

В таблице 5 приведены технические характеристики расходомеров Rosemount 8800, ИРГА-РВ и Элемер-РВ для контроля расхода отходящих газов [15,16,17].

Таблица 5 – Технические характеристики расходомеров

Название	Rosemount 8800	ИРГА-РВ	Элемер-РВ
Среда	газ, пар, жидкость	газ, пар, жидкость	газ, пар, жидкость
Точность	1 %	1 %	1 %
Выходной сигнал	(4 – 20) мА, HART, Fieldbus, частотно-импульсный сигнал	(4 – 20) мА, (0 – 5) мА, частотный, UART	(4 – 20) мА, частотный, импульсный, HART, Modbus
Температура измеряемой среды	от минус 200 до плюс 427 °С	от минус 196 до плюс 460 °С	от минус 40 до плюс 350 °С
Температура внешней среды	от минус 50 до плюс 85 °С	от минус 55 до плюс 80 °С	от минус 60 до плюс 70 °С
Степень защиты	IP66	IP 65	IP67
Срок службы	не менее 15 лет	не менее 15 лет	не менее 15 лет
Цена, руб.	от 225 000	от 187 325	от 175000

На рисунке 6 представлен выбранный расходомер Элемер-РВ



Рисунок 6 – Элемер-РВ

На основе технических характеристик, приведенных в таблице 5, был выбран расходомер Элемер-РВ, который предназначен для измерения расхода газа, пара и жидкостей. Преимуществами Элемер-РВ относительно других является более низкая цена, наличие Modbus, а также более высокая степень защиты.

### 5.5 Выбор регулятора напряжения

В таблице 6 приведены технические характеристики регуляторов напряжения SPC1-50-E, ESGT, ТРИД Т91 [18,19,20].

Таблица 6 – Технические характеристики регуляторов напряжения

Название	SPC1-50-E	ESGT	ТРИД Т91
Диапазон регулирования	(0-98) %	(0-100) %	(0-100) %
Метод управления	фазовое, циклическое	фазовое, ШИМ	фазовое
Управляющий сигнал	(4 – 20) мА, (0 – 5) В	(4 – 20) мА, (0 – 10) В, (0 – 20) мА	(4 – 20) мА, (0 – 5) В, (0 – 10) В
Температура внешней среды	(0 – 50) °С	(0 – 55) °С	(-20 – 70) °С
Цена, руб.	от 9894	от 95862	от 4500

На рисунке 7 представлен выбранный регулятор ТРИД Т91.



Рисунок 7 – ТРИД Т91

Среди приведённых регуляторов напряжения был выбран ТРИД Т91, обладающий самой низкой ценой. ТРИД Т91 обладают надёжностью и длительным сроком эксплуатации, высокой эффективностью и быстродействием.

### 5.6 Выбор ПЛК

В таблице 7 приведены технические программируемых логических контроллеров Regul R500, АБАК ПЛК и ЭЛСИ-ТМК [21,22,23].

Таблица 7 – Технические характеристики ПЛК

Название	Regul R500	АБАК ПЛК	ЭЛСИ-ТМК
Поддерживаемые протоколы	Modbus, OPC DA/UA, EtherCAT, RegulBus	Modbus, Profinet, EtherCAT, OPC UA, SNMP	Modbus, EtherBus, NTP, OPC UA
Поддерживаемые интерфейсы	RS-232, RS-485, Ethernet, DVI-D, USB	RS-485, Ethernet, USB, RS-232	RS-232, RS-485, Ethernet, USB
Диапазон рабочих температур	от минус 40 до плюс 60 °С	от минус 40 до плюс 70 °С	от 0 до плюс 60 °С
Среда разработки	Epsilon LD	Codesys v3.5	Codesys v3.5
Напряжение питания, В	24	От 12 до 30	24
Степень защиты	IP20	IP20	IP20
Среднее время наработки на отказ, ч.	100 000	100 000	120000

На рисунке 8 представлен выбранный ПЛК.



Рисунок 8 – ПЛК АБАК

Среди рассматриваемых ПЛК был выбран АБАК ПЛК, который обладает большим количеством поддерживаемых протоколов, широким диапазоном температур. Данный ПЛК является современным, модульным, гибким при сетевой работе и производится отечественной компанией “ИНКОМСИСТЕМ”.

### 5.7 Выбор запорно-регулирующего клапана с электроприводом

В таблице 8 приведены технические клапанов с электроприводом КПСРН и РУСТ-410 [24,25].

Таблица 8 – Технические клапанов с электроприводом

Название	КПСРН серия 400	РУСТ-410
Среда	водяной пар, газ, нефтепродукты, растворители, другие среды нейтральные к материалам клапана	природный газ, нефтепродукты, среды с сероводородом, вода, пар и другие жидкие и газообразные среды
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 60 до плюс 425 °С	от минус 60 до плюс 420 °С
Температура внешней среды, °С	от минус 60 до плюс 50 °С	от минус 60 до плюс 55 °С
Материал	нержавеющая сталь	нержавеющая сталь
Срок службы	не менее 10 лет	не менее 10 лет

Продолжение таблицы 8 – Технические характеристики клапанов с электроприводом

Название	КПСРН серия 400	РУСТ-410
Электропривод	REGADA MT3	МЭПК-6300
Ход штока	10-100 мм	30-60 мм
Время хода штока	55 секунд	50 секунд
Степень защиты	IP 67	IP 67
Потребляемая мощность	120 Вт	110 Вт

В результате сравнения, был выбран запорно-регулирующий клапан отечественного производства РУСТ-410 с идущим к нему в комплекте электроприводом МЭПК-6300, который обладает сигнализацией положения. Выбор обусловлен меньшим временем хода штока, а также полностью отечественным производством, в отличие от электродвигателей REGADA, которые идут в комплекте с КПСРН.

### 5.8 Выбор частотного преобразователя

Для управления электроприводом необходим частотный преобразователь. В таблице 9 приведены технические частотных преобразователей SDI-G0.4-2B, ПЧ-510 и Веспер E4-8400-SP5L [26,27,28].

Таблица 9 – технические частотных преобразователей

Название	SDI-G0.4-2B	Веспер E4-8400	ПЧ-510
Мощность, Вт	400	400	400
Метод управления	Векторный	Векторный, скалярный	Скалярный, векторный
Управляющий сигнал	(4 – 20) мА, RS 485, (0 – 20) мА	(4 – 20) мА, RS 485, (0 – 20) мА	(4 – 20) мА, RS 485, (0 – 20) мА
Температура внешней среды	от минус 10 до плюс 40 °С	от минус 10 до плюс 40 °С	от минус 10 до плюс 40 °С
Степень защиты	IP20	IP20, IP21	IP20
Цена, руб.	от 11 590	от 10 875	от 15 900



Рисунок 9 – Веспер E4-8400-SP5L

В результате сравнения частотных преобразователей, был выбран Веспер E4-8400-SP5L от отечественного производителя с наименьшей среди сравниваемых цен, который обладает аналогичными характеристиками.

## 6. Разработка алгоритма сбора и обработки данных

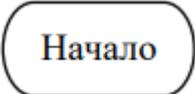
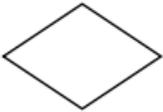
Разработку алгоритмов управления проводят с целью повышения информированности обслуживающего объекта персонала, для повышения достоверности предоставляемых данных, надежности управления и оперативности предпринимаемых действий, а также повышения качества и безопасности функционирования технологического процесса.

Алгоритмы позволяют обрабатывать команды оператора, формировать управляющие воздействия, обрабатывать входящие и исходящие сигналы.

В общем случае входная информация представляет собой значения дискретных и аналоговых сигналов, поступающих с ПЛК, на который они поступают в свою очередь с датчиков и первичных преобразователей. Иногда также используются данные, полученные в результате работы других алгоритмов.

При разработке алгоритмов в виде блок-схем, руководствуясь ГОСТ 19.701-90, используются следующие элементы, которые представлены в таблице 10 [29].

Таблица 10 – Элементы блок-схем

Элемент	Описание
	Точка входа, начало алгоритма
	Точка выхода, конец алгоритма
	Ветвление по условию Да при выполнении нет при невыполнении условия
	Выполнение действия
	Вызов подпрограммы, предопределенного процесса
	Вывод информации оператору на экран

Алгоритм сбора и обработки информации начинается с инициализации системы, то есть все приводится к состоянию готовности, после чего необходимо проверить, далее если данные успешно получены, необходимо их перевести в понятный вид, иначе говоря, провести масштабирование. Если же данные не получены, оператор уведомляется об этом. Уже отмасштабированный сигнал проверяется на достоверность для обеспечения качественного управления объектом, если сигнал недостоверен, оператор получает сообщение. Далее данные необходимо отправить на сервер, с которого они будут получены SCADA-системой. На основе заданных значений происходит проверка на выход показателей за пределы нормы, при отклонении каждого параметра выводится отдельное сообщение оператору, например о превышении концентрации углекислого газа. В случае если оператор задает или изменяет уставку, происходит отправка данных. Блок-схема алгоритма сбора и обработки информации представлена в приложении В.

## 7. Разработка системы автоматического регулирования концентрации углекислого газа

В ходе работы установки плазмохимической конверсии необходимо поддерживать заданное значение концентрации углекислого газа на выходе. Так как на производительность конверсии влияет напряжение, подаваемое на электроды, то регулируемым параметром будет напряжение. Схема состоит из задающего воздействия, ПЛК, который выполняет функцию ПИД-регулятора, регулирующего органа и объекта управления, постоянного притока газа и возмущающего воздействия, а также датчика концентрации углекислого газа. Структурная схема САР концентрации углекислого газа представлена на рисунке 10.

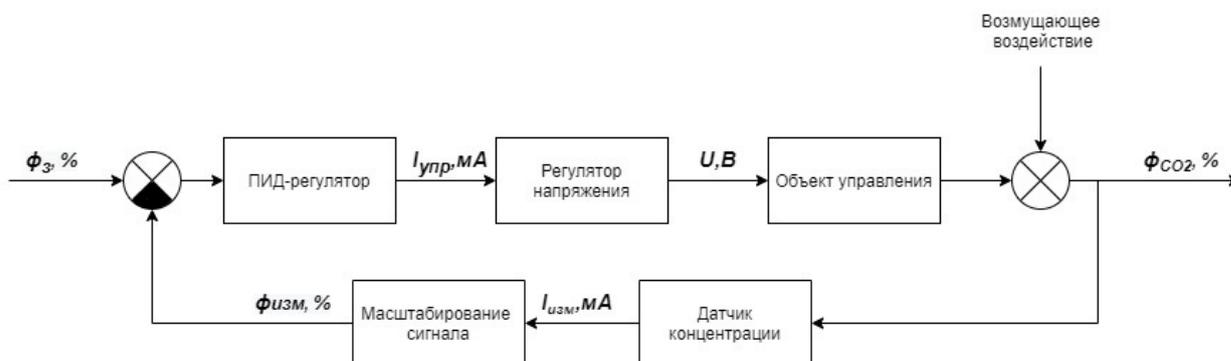


Рисунок 10 – Структурная схема САР концентрации углекислого газа

Передаточная функция регулятора напряжения определяется отношением выходного напряжения и входного управляющего тока:

$$k_{\text{РЕГ}} = \frac{220 - 0}{20 - 4} = 13,75 \text{ В/мА}$$

Кривая разгона объекта управления представлена на рисунке 11, на ней газ с содержанием CO<sub>2</sub> в 10 процентов объемных долях очищается до 8 процентов.

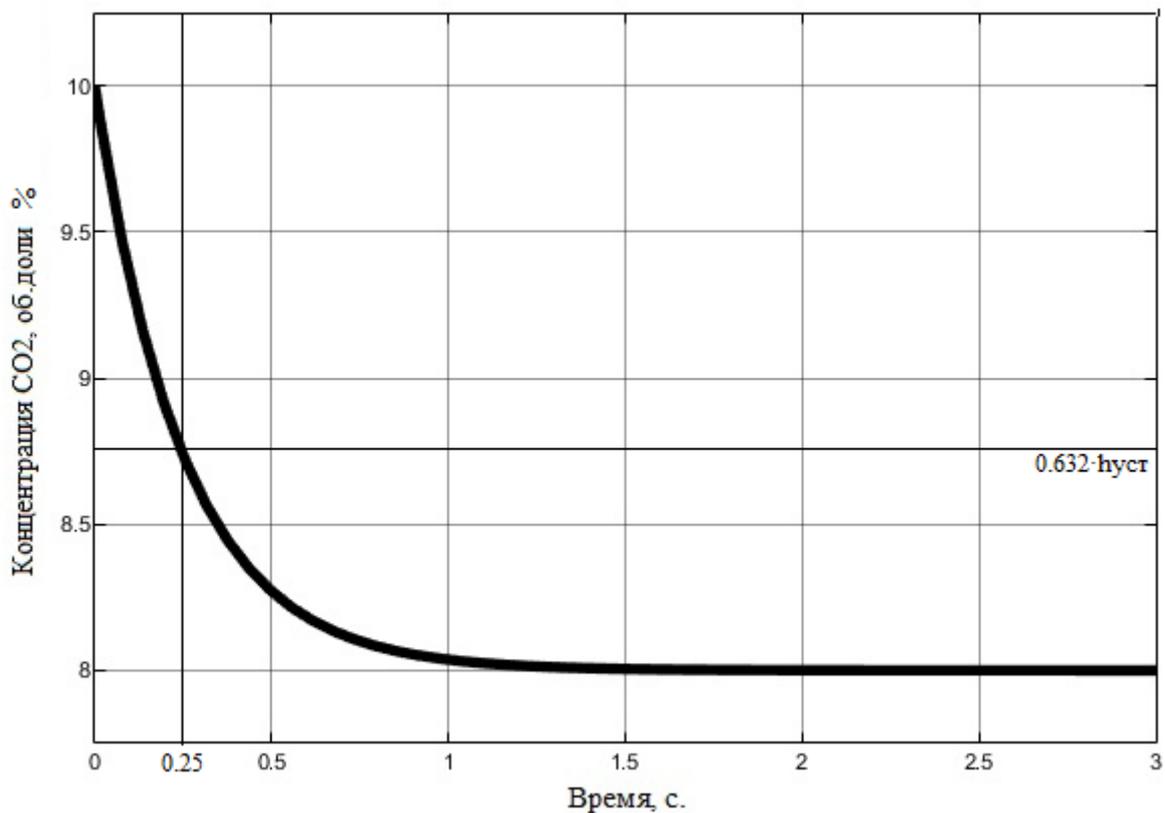


Рисунок 11 – Кривая переходного процесса объекта управления

Как видно на рисунке 11, кривая переходного процесса имеет аperiodический вид. Постоянная времени может быть найдена следующим образом, разница между начальным и выходным значением умножается на 0,632. Полученное значение необходимо отнять от начального. Таким образом получено значение  $h(T) = 8,736$ . После чего необходимо лишь определить момент времени, в который кривая разгона имеет данное значение, а именно 0.25 секунд.

Коэффициент передачи объекта управления определяется как отношение диапазона изменения выходной величины (8 – 10) % объемной доли к диапазону изменения входной величины (0 – 220) В:

$$k_{Oy} = \frac{10 - 8}{220 - 0} = 0,0091 \%/\text{В}$$

Таким образом передаточная функция объекта управления имеет следующий вид:

$$W_d(s) = \frac{k_{Oy}}{T_{Oy} \cdot s + 1}, \quad (1)$$

где  $k_{OU}$  – коэффициент передачи объекта управления;

$T_{OU}$  – постоянная времени объекта управления.

Датчик концентрации углекислого газа имеет время установления показаний 10 с, показания устанавливаются без колебаний. Передаточная функция датчика будет является аperiodическим звеном 1 порядка.

Коэффициент передачи датчика рассчитывается как отношение диапазона выходных сигналов к диапазону входных:

$$k_d = \frac{20 - 4}{20 - 0} = 0,8 \text{ mA/\%}$$

Исходя из общепринятой практики считать, что значение является установившимся, как только сигнал перестает превышать пятипроцентную зону отклонения от установившейся величины, постоянную времени можно найти следующим образом:

$$T_d = \frac{10}{-\ln(0,05)} = 3,338$$

Таким образом передаточная функция датчика имеет вид:

$$W_d(s) = \frac{k_d}{T_d \cdot s + 1}, \quad (2)$$

где  $k_d$  – коэффициент передачи датчика;

$T_d$  – постоянная времени датчика.

Коэффициент масштабирования токового сигнала датчика в исходную величину определяется как отношение диапазона входного сигнала (4 – 20) мА к диапазону выходного сигнала (0 – 20) %:

$$k_m = \frac{20 - 0}{20 - 4} = 1,25 \text{ \%/mA}$$

Модель САР в MATLAB Simulink представлена на рисунке 12.

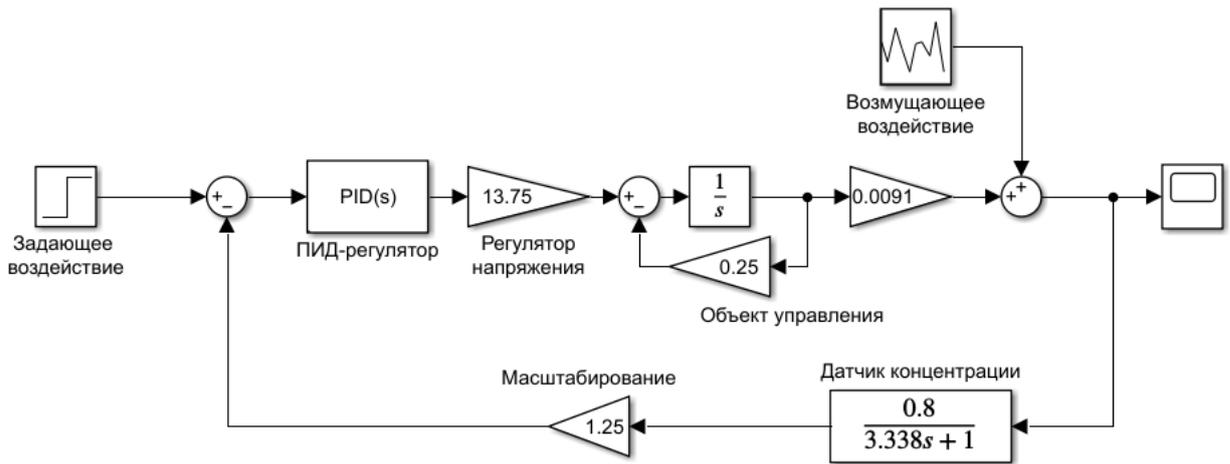


Рисунок 12 – Модель САУ в MATLAB Simulink

График переходного процесса САУ концентрации углекислого газа при различных коэффициентах ПИД-регулятора представлен на рисунке 13.

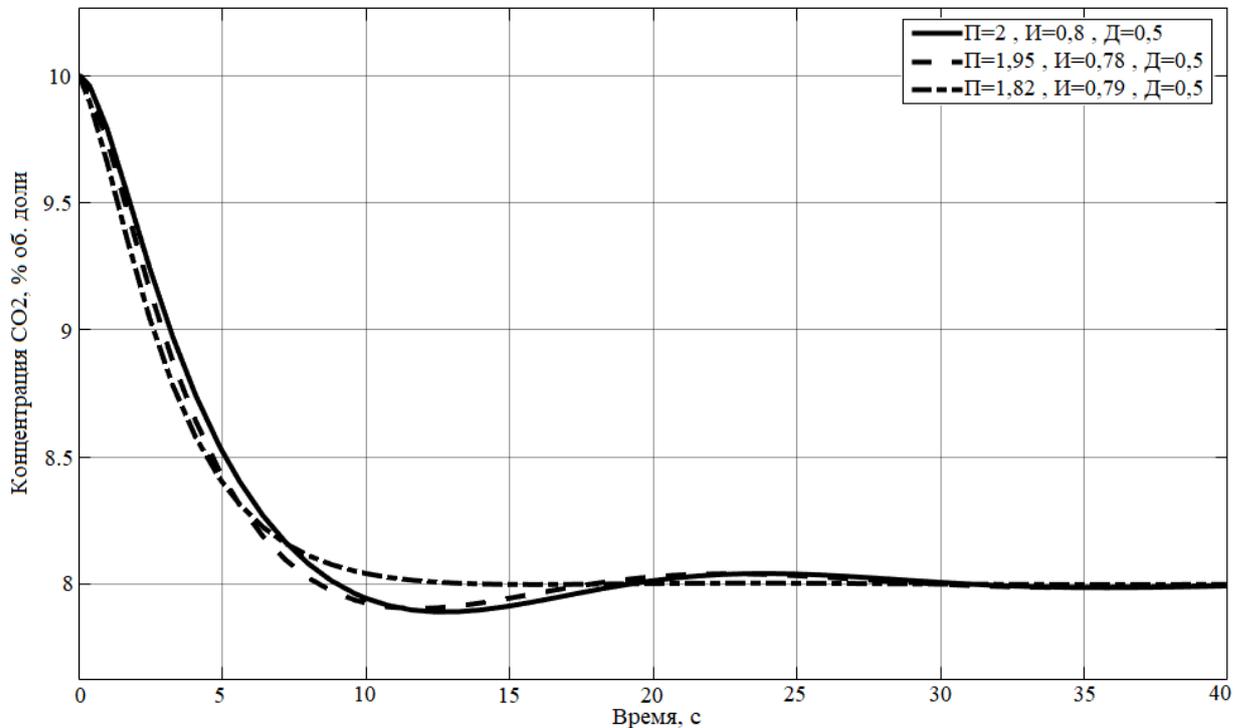


Рисунок 13 – Модель САУ в MATLAB Simulink

Исходя из графика 13, видно, что при коэффициентах  $\Pi=1,82$ ,  $I=0,79$ ,  $D=0,5$ , отсутствует перерегулирование, при том, что время регулирования дольше на 1 секунду относительно самого быстрого времени регулирования процесса среди трех кривых. Потому, с целью обеспечения большей стабильности системы при возникновении возмущающих воздействий,

целесообразно выбрать именно эти коэффициенты ПИД-регулятора. Время регулирования составляет 8,3 секунд, перерегулирование отсутствует.

На рисунке 14 представлено поведение системы при наличии случайных возмущающих воздействий в диапазоне  $(-0,05; 0,05)$ :

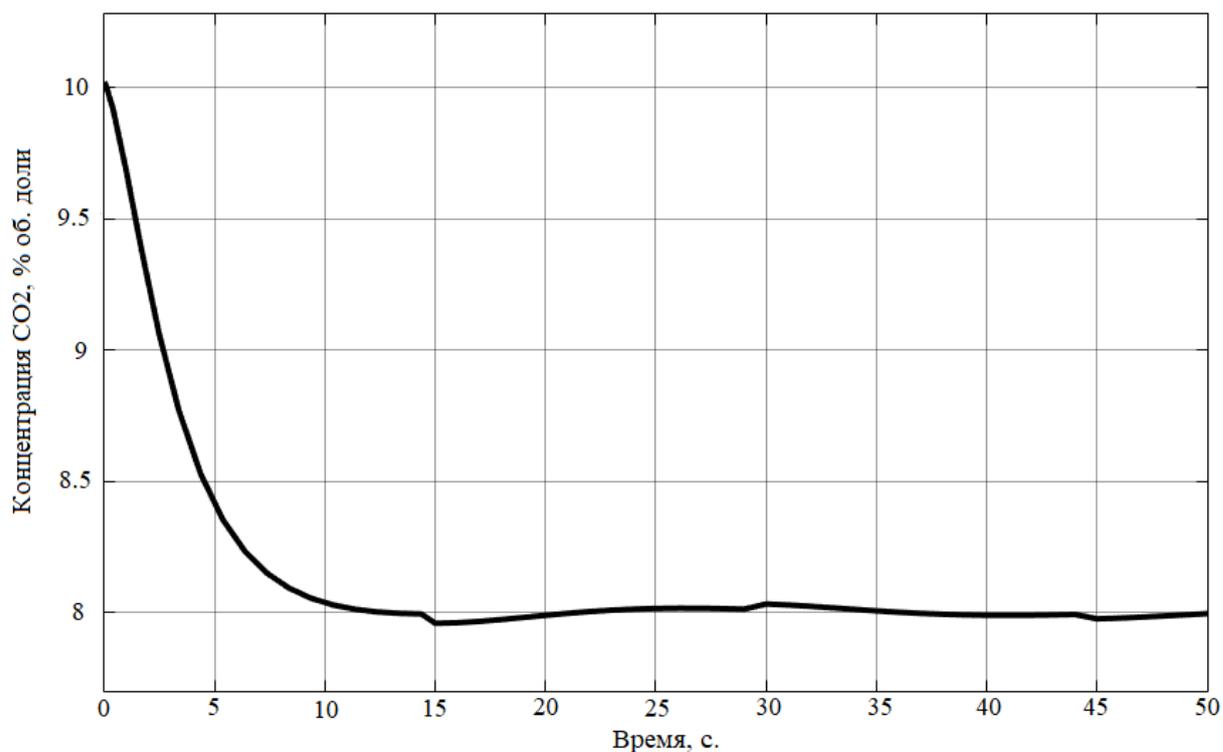


Рисунок 14 – Переходный процесс САР с случайным возмущением

Как видно, система справляется с возмущением. Таким образом была разработана система автоматического регулирования концентрации углекислого газа.

## **8. Разработка экранной формы АС**

Для разработки экранной формы АС, необходимо в первую очередь выбрать SCADA-систему. В ходе поиска и изучения различных источников были выявлены наиболее популярные SCADA-системы:

- InTouch, от Wonderware;
- WinCC, от Siemens;
- AVEVA, от Schneider Electric;
- Experion, от Honeywell;
- RSView, от Rockwell;
- Trace Mode, от AdAstra;
- MasterScada, от МПС софт.

Учитывая уход большинства зарубежных компаний с российского рынка и тенденции по применению отечественной продукции, среди всех SCADA-систем была выбрана отечественная Trace Mode, которая является недорогой, имеет большой, подробно описанный справочный материал и методические указания, имеет бесплатные, хоть и ограниченные версии для обучающихся, удобный и достаточный функционал, большая библиотека встроенных драйверов поддержки отечественного и зарубежного оборудования. В сравнении с отечественной MasterScada, Trace Mode имеет меньшую стоимость с учетом предоставляемых услуг. Также одним из плюсов является поддержка Linux, на базе которой разработаны отечественные операционные системы Astra Linux и Ред ОС. Стоит отметить, что Trace Mode выбирают многие предприятия. Например, она используется в энергоучете и управлении освещением на Томской ТЭЦ-3, кондитерской фабрике Nestle Барнаул.

Разработанная мнемосхема представляет собой экранную форму, на которой отображаются контролируемые параметры установки плазмохимической конверсии парниковых газов, также на данной

мнемосхеме расположена кнопка перехода на экран с заданием управляющих параметров. Результат представлен в приложении Г.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т92	Сладков Максим -

<b>Школа</b>		<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

**Перечень графического материала:**

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	04.03.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	Д.э.н., профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т92	Сладков Максим -		

## **9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение коммерческой привлекательности исследовательского проекта в рамках данной ВКР, оценка ресурсной, финансово-экономической, социальной базы, а также эффективности проекта.

Для этого в данном разделе будут рассмотрены следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки НИ;
- проведение планирования этапов выполнения исследования;
- расчёт бюджет затрат на исследования;
- проведение оценки научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

### **9.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, которые в ходе работы выделяют парниковые газы. Научное исследование рассчитано на средние и крупные предприятия. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система очистки отходящих выбросов от парниковых газов. Данная автоматизированная система должна обеспечивать дистанционный контроль и управление в реальном времени технологическим процессом. Примером предприятия потребителя может выступить «Газпромнефть – Восток».

### **9.2 Анализ конкурентных технических решений**

Качественный анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>р</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>р</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность	0,25	4	5	5	1	1,25	1,25
2. Частота обслуживания	0,15	4	3	5	0,6	0,45	0,75
3. Простота эксплуатации	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Надежность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
5. Безопасность	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>75</b>	<b>4,5</b>	<b>4,15</b>	<b>3,8</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (3):

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность вида;

$V_i$  – вес критерия (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В ходе анализа конкурентных технических решений была составлена оценочная карта, где были выделены наиболее важные критерии оценки как технические, так и экономические.

### 9.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ позволяет выявить и структурировать сильные и слабые стороны проекта, а также его потенциальные возможности и угрозы. Результаты SWOT-анализа представлены в форме SWOT-матрицы и занесены в таблицу 12.

Таблица 12 – Матрица SWOT анализа

	<p><b>Сильные стороны:</b>  С1. Возможность модификации  С2. Универсальность  С3. Использование SCADA-систем.  С4. Значимость технологии.  С5. Возможность передачи на большие расстояния информации.</p>	<p><b>Слабые стороны:</b>  Сл1. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией.  Сл2. Отсутствие опытными наладочных работ.  Сл3. Долгие поставки оборудования.</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1. Модернизация промышленных предприятий.  В2. Рост роли автоматизации в промышленности растет.  В3. Тенденция роста роли экологичных технологий  В4. Использование существующего программного обеспечения.</p>	<p>В1С1. Позволяет компании без проблем модифицировать систему.  В2В3С3С5. Увеличение функциональных и технических возможностей промышленного предприятия.  В1С2С5. Улучшение технических показателей системы.</p>	<p>В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях.  В4Сл3. Потери времени без технологий, оборудования.  В4Сл1. Проведение обучающих курсов.</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.  У2. Повышение цен.  У3. Отсутствие возможности купить импортное оборудование</p>	<p>У3С2. Использование отечественной продукции.  У1С1С2С3С4С5.  Продвижение с опорой на преимущества.</p>	<p>У2Сл3. Обсуждение прямых поставок оборудования от производителя.</p>

Большой срок поставок используемого оборудования связан с наличием оборудования у поставщика и местонахождения, чтобы уменьшить влияние Сл3, нужно провести исследование аналогов на местном рынке.

Чтобы уменьшить влияние Сл2, разрабатываемая система прорабатывается детально, а также подвергается отладке на этапах разработки проекта.

Сл1 – малый опыт работы у персонала на начальном этапе неизбежен, но впоследствии это подвергнется изменению, ввиду накопления опыта и постоянного повышения квалификации. Также возможны проведения обучающих курсов по работе с новой системой.

## **9.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию**

### **9.4.1 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.

В рабочую группу могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Продолжение таблицы 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, Инженер
	5	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Инженер
Проектирование автоматизированной системы	6	Описание технологического процесса	Инженер
	7	Разработка структурной схемы АС	Инженер
	8	Разработка функциональных схем АС	Инженер
	9	Выбор архитектуры АС	Инженер
	10	Разработка схемы соединения внешних проводок	Инженер
	11	Выбор алгоритма управления АС	Инженер
	12	Разработка экранных форм АС	Инженер
Оформление отчета по НИР		Составление пояснительной записки	Руководитель, Инженер

Из таблицы 13 можно заметить, что в основном работа была проделана самостоятельно, а некоторые этапы – совместно с руководителем.

#### 9.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для

определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула (4):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями (5).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5)$$

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.

### 9.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным представлением проведения работ является построение графика в форме диаграммы Ганта. горизонтальный ленточный график, на котором работы представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни с помощью формулы (6):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

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 (7):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (7)$$

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:

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

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$ .	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ .		
	$T_{\text{min}}$ , чел–дни		$T_{\text{max}}$ , чел–дни		$T_{\text{ож}}$ , чел–дни					
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель				
Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	1	5	3	3,2	1,8	1,6	0,9	2	1
Выбор направления исследований	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Постановка целей и задач работы	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1	2	0,5	1	1	1
Описание технологического процесса	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Разработка структурной схемы АС	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-

Продолжение таблицы 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$ .		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ .	
	$T_{min}$ , чел–дни		$T_{max}$ , чел–дни		$T_{ожi}$ , чел–дни					
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
Разработка функциональной схемы АС	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	4	-
Выбор архитектуры АС	3	-	5	-	3,8	-	3,8	-	5	-
Разработка схемы соединения внешних проводок	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
Выбор алгоритмов управления АС	4	-	5	-	4,4	-	4,4	-	5	-
Разработка экранных форм АС	5	-	6	-	5,4	-	5,4	-	7	-
Составление пояснительной записки	7	3	8	5	7,4	3,8	3,7	1,9	5	2
Итого:							31	6,2	40	8

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. 14 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 15 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1					
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	2	■														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер	1,2	■	■													
3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер	1,1	■	■													
4	Постановка целей и задач работы	Руководитель, инженер	1,1		■	■												
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер	1,1		■	■												
6	Описание технологического процесса	Инженер	3			■	■	■										
7	Разработка структурной схемы АС	Инженер	3				■	■	■									
8	Разработка функциональных схем АС	Инженер	4					■	■	■	■							
9	Выбор архитектуры АС	Инженер	5						■	■	■	■	■					

Продолжение таблицы 15 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	
10	Разработка схемы внешних проводов	Инженер	3						■					
11	Разработка экранных форм	Инженер	5						■					
12	Разработка экранных форм	Инженер	7							■	■			
13	Составление пояснительной записки	Руководитель, инженер	3,2									▨	■	

▨ – научный руководитель; ■ – студент.

## 9.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 9.5.1 Расчет 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 (8):

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi} , \quad (8)$$

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

$N_{расxi}$  – 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 16 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ноутбук	шт.	1	25000	25000
Итого	25000			

Общие материальные затраты составили 25000 руб.

### 9.5.2 Расчет 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. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	AutoCAD 2022	1	20 044	20 044
2	Microsoft 365	1	4 999	4 999
3	Matlab	1	6 408	6 408
4	TraceMode IDE	1	11 118	11 118
	6			
Итого	42569 руб.			

Таким образом, бюджет на приобретение спецоборудования для научных работ составляет 42569 рублей.

### 9.5.3 Основная заработная плата исполнителя 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 (9):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (9)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле (10):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (10)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (11):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (11)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6–дневная неделя;

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

Таблица 18 – Баланс рабочего времени

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

Месячный оклад работника рассчитывается по формуле (12):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (12)$$

где  $Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5  
выбор 0,3;

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

Тарифная заработная плата  $Z_{tc}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $Tc_1 = 600$  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.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	30000	0,3	0,3	1,3	62400	2400	8	9600
Инженер	15000	0,3	0,3	1,3	31200	1200	40	48000
Итого:	57600							

Таким образом размер затрат на основные заработные платы составил 57600 рублей.

#### 9.5.4 Расчет 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 совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле (13):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (13)$$

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

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$ , руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$ , руб.
Руководитель	9600	0,15	1440
Инженер	48000	0,15	7200
Итого	8640		

Таким образом размер затрат на дополнительные заработные платы составил 8640 рублей.

### 9.5.5 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 (14):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) \quad (14)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	9600	1440
Инженер	48000	7200
Отчисления во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого		
Руководитель	2609,28	
Инженер	16670,4	
Итого	19279,68	

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды составили 19279,68 рублей.

### 9.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле (15):

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (15)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Рассчитаем накладные расходы:

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (25000 + 42569 + 57600 + 8640 + 19279,68) \cdot 0,16 \\ &= 24494,19 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Таким образом, накладные расходы составили 24494,19 рублей.

### 9.5.7 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 22.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	25000	Пункт 9.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	42569	Пункт 9.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	57600	Пункт 9.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8640	Пункт .5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	19279,68	Пункт 9.5.5
6. Накладные расходы	24494,19	Пункт 9.5.6
7. Бюджет затрат НТИ	177582,87	-

Таким образом, бюджет НТИ составляет 177582,87 рублей.

## 9.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной 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 (16):

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (16)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Рассмотрим аналоги, первым является система АСУ ТП, компании “СТРИЖ”, на базе MasterSCADA, вторым аналогом является система АСУ ТП “Элметро” на базе TRACEMODE. Так как на сложность проекта влияет огромное количество факторов, величина  $\Phi_{\text{max}}$  выбирается приблизительно, исходя из имеющихся данных.

Расчет интегрального финансового показателя разработки представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Интегральный финансовый показатель разработки

Исполнитель	$\Phi_{pi}$	$\Phi_{\text{max}}$	$I_{\text{фин.р}}$
Студент с руководителем	177582,87 руб.	220000 руб.	0,81
“СТРИЖ”	220000 руб.		0,91
“ЭлМетро”	200000 руб.		1

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом (17):

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (17)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Студент с руководителем	“СТРИЖ”	“ЭлМетро”
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	4	5	4
3. Помехоустойчивость	0,05	5	4	4
4. Энергосбережение	0,05	5	4	5
5. Надежность	0,15	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1	4,55	4,45	4,05

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (16):

$$I_{\text{студ.}} = \frac{I_{\text{р-исп1}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}}} = \frac{4,55}{0,81} = 5,42$$

$$I_{\text{стриж}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{4,45}{0,91} = 4,89;$$

$$I_{\text{ЭлМетро}} = \frac{I_{\text{р-исп3}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}}} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

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

Сравнительная эффективность проекта рассчитывается как отношение интегрального показателя эффективности разработки на наибольший интегральный показатель эффективности среди разработок.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Студент с руководителем	“СТРИЖ”	“ЭлМетро”
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,45	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,42	4,89	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,902	0,747

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:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8Т92		Сладков Максим -	
<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 технологических процессов и производств

Тема ВКР:

<b>Автоматизация установки плазмохимической конверсии парниковых газов</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</li> </ul>	<p>Объект исследования: установка плазмохимической конверсии парниковых газов.          Область применения: промышленные объекты, выделяющие в ходе работы парниковые газы.          Рабочая зона: производственное помещение (диспетчерская).          Размеры помещения: 4*5 м.          Количество и наименование оборудования рабочей зоны: компьютеры, мониторы, компьютерная периферия.          Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:          Измерение технологических параметров с помощью датчиков, регулирование параметров объекта.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 19.12.2022 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023);          ГОСТ 21889-76 Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора;          СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»          ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места;          ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»;</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Вредные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015:</b>          Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;          Отклонение микроклиматических параметров на месте рабочего;          Повышенный уровень шума;          Повышенное значение электромагнитного излучения.  <b>Опасные производственные факторы в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015:</b>          Производственные факторы, связанные с</p>

	электрическим током, вызванным разницей электрических потенциалом, под действие которого попадает работающий. <b>Средства индивидуальной и коллективной защиты от выявленных факторов:</b> Изоляция проводов, вентиляция помещения, дополнительный источник света.
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	Воздействие на литосферу: выбросы твердых частиц пыли. Воздействие на атмосферу: очистка отходящих газообразных выбросов.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b>	Возможные ЧС: пожар, отказ систем безопасности, обрушение зданий, землетрясение. Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
	04.05.2023

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева И. Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т92	Сладков Максим -		

## **10. Социальная ответственность**

В данном разделе выпускной будут рассмотрены вопросы выявления, анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от этих факторов для рабочего места оператора с помощью комплекса мероприятий организационного, технического, правового и режимного характеров. Эти мероприятия минимизируют негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии техники безопасности, пожарной безопасности и санитарных норм.

Объектом исследования выступает рабочее место сотрудника, использующего в работе персональный компьютер с цветным графическим монитором.

В ВКР рассматривается установка плазмохимической конверсии парниковых газов, которая предназначена для очистки газов, образующихся в ходе работы предприятия. Роль обслуживающего персонала заключается в наблюдении за работой оборудования и его настройке.

Рабочий осуществляет деятельность в помещении с площадью 20 м<sup>2</sup>, в котором расположены несколько ПК для мониторинга за работой установки. Согласно ГОСТ 12.1.005-88, работа оператора относится к категории Ia [30].

### **10.1 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности**

#### **10.1.1 Режим рабочего времени**

Согласно режиму рабочего времени, ст. 100 ТК РФ в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти или шестидневной рабочей неделе [31]. По этой причине применяются графики сменности ст. 103 ТК РФ, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 110 ТК РФ о предоставлении работникам

еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

### 10.1.2 Эргономические требования к рабочему месту

Органы управления и зоны ручных операций для оператора должны соответствовать ГОСТ 12.2.032-78 [32]. На рисунке 15 представлены зоны для ручных операций и размещения органов управления.

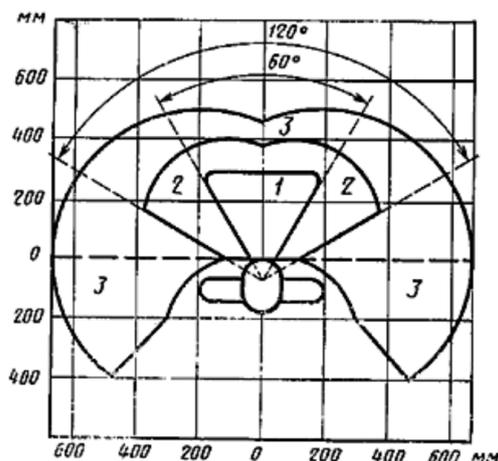


Рисунок 15 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления

На рисунке 15, 1 – оптимальная зона для размещения наиболее важных и часто используемых органов управления, 2 – зона легкой досягаемости для размещения часто используемых органов управления, а 3 – зона досягаемости моторного поля для размещения редко используемых органов управления.

Так как оператор следит за процессом, отображаемым на мониторе, то он должен быть установлен в соответствии с ГОСТ Р 50923-96 [33]. Дисплей подлежит установке ниже уровня глаз работника, причем угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать шестидесяти градусов. На рисунке 16 представлено расположение дисплея на столе.

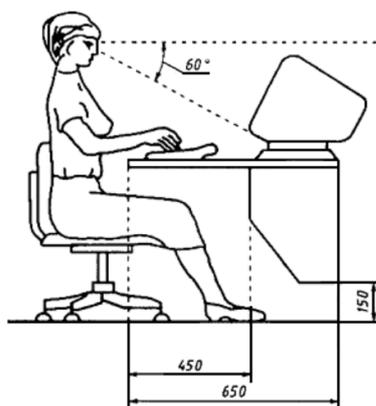


Рисунок 16 – Расположение дисплея на столе

На рисунке 16 представлено оптимальное положение дисплея на столе.

## 10.2 Производственная безопасность

### 10.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводят к травме или другим профессиональным заболеваниям являются опасными производственными факторами. А факторы, воздействие которых на работающего приводит к заболеванию или снижению работоспособности являются вредными.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, согласно ГОСТ 12.0.003-2015 представлен в таблице 26 [34].

Таблица 26 – Опасные и вредные факторы при работе оператора АСУ ТП

Факторы	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	СП 52.13330.2016 “Естественное и искусственное освещение”
Повышенный уровень шума	СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания”
Повышенное значение электромагнитного излучения	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

Продолжение таблицы 26 – Опасные и вредные факторы при работе оператора АСУ ТП

Факторы	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызванным разницей электрических потенциалом, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность.
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”

Таким образом, были выявлены опасные и вредные факторы, которые необходимо учитывать.

## **10.2.2 Анализ вредных факторов**

### **10.2.2.1 Отклонение показателей микроклимата**

Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов внутренней среды помещения, которые оказывают влияние на здоровье человека. Основные факторы, характеризующие микроклимат помещения, устанавливаются в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [35]. К ним относятся температура воздуха, скорость движения воздуха, влажность, интенсивность теплового облучения.

Согласно вышеуказанному документу, работа оператора АСУ относится к категории работ 1а, так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. Допустимые и оптимальные значения показателей микроклимата для теплого периода года (плюс 10 °С и выше) и для холодного периода года для категории работ 1а представлены в таблице 27.

Влияние на человека неблагоприятных метеорологических условий в течение длительного времени в резкой форме ухудшают его состояние здоровья, снижают продуктивность и приводят к болезням. Повышенная температура воздуха приводит к скорой утомляемости служащего, к перегреву организма или тепловому удару, а пониженная температура – может вызвать охлаждение организма, вызвать простуду или обморожение.

Влажность воздуха сильно воздействует на терморегуляцию организма человека. Повышенная влажность и повышенная температура воздуха приводит к перегреванию организма, а при пониженной температуре повышенная влажность увеличивает теплопередачу с поверхности кожи, что приводит к переохлаждению организма.

В таблице 27 представлены оптимальные и допустимые показатели микроклимата.

Таблица 27 – Допустимые и оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
Холодный (оптимальный)	22-24		20-24	40-60	0,1	
Теплый (оптимальный)	23-25		21-25	40-60	0,1	

В целях поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление.

### 10.2.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Хорошее освещение помещений на производстве обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Плохое освещение негативно воздействует на зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы. Источники возникновения: отсутствие возможности организации естественного освещения. По нормам освещенности, согласно СП 52.13330.2016, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений [36]. Требования к освещению помещения представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Требования к освещению помещений при работе с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд и под разряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение			
				Средняя освещенность, лк, не менее	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б-1	Не менее 70	400	100*	19	15
		Б-2	Менее 70	300	75*	22	20

\* Нормируется в случае необходимости обзора окружающего пространства

Освещение рабочего места оператора АСУ должно позволять отчетливо, без напряжения для глаз видеть процесс работы, без попадания источника света в глаза. В помещении присутствует естественное освещение. Светильники аварийного освещения присоединяются к независимому источнику питания, а светильники для эвакуации людей к сети независимого

от рабочего освещения. Для аварийного освещения применяют светильники с лампами накаливания.

### 10.2.2.3 Повышенный уровень шума

Распространенным на производстве вредным фактором является шум, который воздействует на органы слуха и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. В таблице 29 приведены предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные скорректированные по А уровни звука для источников постоянного шума, а для непостоянного в таблице 30. Нормы взяты из СП 51.13330.2011, пункт 6 [37].

Таблица 29 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, эквивалентные и максимальные скорректированные по А уровни звука для постоянных источников шума

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Для источников постоянного шума									
		Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, скорректированный по А, L <sub>A</sub> дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предельно допустимые октавные уровни звукового давления, дБ; уровни звука, скорректированные по А, дБ; эквивалентные и максимальные уровни звука, скорректированные по А, дБ, на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях, на площадках промышленных предприятий для основных видов трудовой деятельности											
Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону,	-	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70

Таблица 30 – Предельно допустимые и допустимые уровни звукового давления, эквивалентные и максимальные скорректированные по А уровни звука для непостоянных источников шума

Назначение помещений или территорий	Время суток, ч	Для источников непостоянного шума	
		Эквивалентный скорректированный по А уровень звука $L_{Aэкв}$ , дБ	Максимальный скорректированный по А уровень звука $L_{Aмакс}$ , дБ
Предельно допустимые октавные уровни звукового давления, дБ; уровни звука, скорректированные по А, дБ; эквивалентные и максимальные уровни звука, скорректированные по А, дБ, на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях, на площадках промышленных предприятий для основных видов трудовой деятельности			
Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону,	-	70	85

Шум возникает во время работы оборудования, источником его также могут быть разговоры в помещении, звуки, доносящиеся с улицы. Источниками постоянного шума в помещении являются: люминесцентные лампы, печатающее устройство, шум различных узлов компьютера: дисководов, винчестеров, вентилятора.

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

#### **10.2.2.4 Повышенное значение электромагнитного излучения**

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие

электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела.

Оператор АСУ ТП выполняет свою работу за персональным компьютером, который является источником электромагнитных полей в широком диапазоне частот. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к онкологическим заболеваниям.

Для исключения негативного воздействия от электромагнитных полей необходимо руководствоваться нормам, описанным в ГОСТ Р 50948-2001 [38]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметра		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для снижения риска воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- использование жидкокристаллического монитора, излучение которого соответствует требованиям;
- необходимо выполнить заземление компьютера;
- необходимо соблюдать расстояние от монитора до работника равным не менее 50 см.

## **10.2.3 Анализ опасных факторов**

### **10.2.3.1 Электробезопасность**

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сможет оторваться от нее без посторонней помощи.

Более того, его, возможно, будет притягивать к опасному месту. Под действием переменного тока мышцы периодически сокращаются с частотой тока. Больше всего от действия электрического тока страдает центральная нервная система. Ее повреждение ведет к нарушению дыхания и сердечной деятельности.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

В качестве организационных мероприятий оператору во время работ запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- снимать защитный фильтр с экрана монитора;
- допускать попадание влаги на поверхности устройств;

- производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования

### **10.2.3.2 Экологическая безопасность**

В процессе работы предприятия возможны источники негативного воздействия на окружающую среду, установка плазмохимической конверсии парниковых газов в ходе работы частично их нейтрализует. По влиянию и длительности воздействия данные источники загрязнения относятся к прямым и постоянно действующим.

Воздействие на селитебные зоны не распространяется, в связи удаленностью предприятий от жилой зоны.

Воздействие на атмосферу. Установка в ходе своей работы очищает выбрасываемые предприятием газы, после очистки концентрация не превышает допустимые нормы.

Воздействие на гидросферу не происходит, так как установка призвана очищать воздух от парниковых газов методом плазмохимической конверсии, в воду ничего не выбрасывается.

Воздействие на литосферу. В связи с тем, что для производства и обслуживания оборудования средств автоматизации необходимы ресурсы, оказывается влияние на литосферу, а именно на недра земли, добыча ископаемых. В этом случае мы не можем повлиять на защиту литосферы, однако после использования оборудования необходимо его утилизировать в соответствующих местах утилизации. Также имеет место незначительный выброс твердых частиц пыли, которые необходимо периодически вычищать с установки и выбрасывать.

### **10.2.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К возможным чрезвычайным ситуациям плазмохимической конверсии парниковых газов выделяется отказ системы безопасности, нарушение контроля и регулирования технологического процесса, пожар, утечка еще не очищенного газа.

С учетом специфики работы и наличием вычислительной техники в помещении оператора наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является возникновение пожара. Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага, которое угрожает жизни и здоровью работников и зачастую приводит к большим материальным потерям.

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: работа с открытой электроаппаратурой, короткое замыкание в блоке питания или высоковольтном блоке дисплейной развертки, нарушенная изоляция электрических проводов, несоблюдение правил пожарной безопасности, наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п., наличие кислорода, как окислителя процессов горения. Для диспетчерской установлена категория пожарной опасности В – пожароопасные.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования. Необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара: обеспечить подъезды к зданию, обесточивание электрических кабелей, наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах, наличие противопожарного полотна, телефонная связь с

пожарной охраной, огнетушители: химический пенный ОХП-10 и углекислотный ОУ-2.

На основании Федерального Закона от 22.07.2008 №123-ФЗ класс возможного пожара – Е (по виду горючего материала: пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением). Для тушения пожара применяются первичные средства тушения пожара: ящики с песком, кошма, пенные огнетушители ОХП-10 и ОУ-2, которые находятся на выходе помещения [39].

### **10.3 Вывод по разделу «Социальная ответственность»**

Объект, рассматриваемый в ВКР, относится к I категории объектов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к областям применения наилучших доступных технологий.

Исходя из проделанной работы, можно сделать вывод, что во время производственной деятельности на работника негативно оказывают влияние вредные и опасные факторы, которые отражаются на производительности труда. Работа оператора относится к категории 1а по тяжести труда согласно ГОСТ 12.1.005-88 и к III группе персонала по электробезопасности согласно Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок. Помещение операторской относится к помещениям с повышенной опасностью согласно ПУЭ. Для диспетчерской установлена категория пожарной опасности В, а класс возможного пожара Е. Следовательно требуется проведение работ по охране труда и обеспечении техники безопасности на рабочем месте.

## Заключение

В данной работе была изучена работа установки плазмохимической конверсии парниковых газов и разработана автоматизация управления для нее. В процессе работы был изучен технологический процесс очистки отходящих газов от парниковых газов. Для определения номенклатуры необходимого оборудования, количества каналов передачи сигналов и данных разработаны функциональная схема автоматизации и структурная схема автоматизации. Определив необходимое оборудование, было произведено сравнение и выбор наиболее подходящих контрольно-измерительных приборов, а также контроллерного оборудования. Для управления технологическим процессом был разработан алгоритм сбора и обработки информации. Для поддержания заданной концентрации углекислого газа на выходе разработана система автоматического регулирования. А также была разработана экранная форма, которая позволит следить за работой технологического процесса и своевременно реагировать на отклонения и сигнализации.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведена оценка экономических аспектов разработки исследуемой автоматизированной системы управления установкой плазмохимической конверсии парниковых газов. В результате оценки эффективности исследования было выявлено, что разработанный проект автоматизации является конкурентоспособным.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ вредных и опасных факторов при работе исследуемого объекта, а также приведены меры для оптимальной работы сотрудника согласно законодательству. Были определены экологические факторы и степень их влияния. Для предотвращения негативных последствий влияния вредных и опасных факторов составлены рекомендации и предложены средства индивидуальной и коллективной защиты.

## Список использованной литературы

1. Парниковые газы. Справка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20090922/185975866.html> (дата обращения 12.05.2023).
2. Долгосрочный тренд – сокращение парниковых газов [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.cdu.ru/tek\\_russia/issue/2022/10/1075](https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2022/10/1075). (дата обращения 12.05.2023).
3. ГОСТ Р МЭК 61131-3. Контроллеры программируемые. Часть 3. Языки программирования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293755/4293755016.pdf> (дата обращения 12.05.2023).
4. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293774/4293774380.pdf> (дата обращения 13.05.2023).
5. ГОСТ 21.208-2013. Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293774/4293774382.pdf> (дата обращения 13.05.2023).
6. Дукат-Д серии ИГС-98 исполнения 001, 009, 010, 014, 021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://kipkomplekt.ru/text/dukat\\_d.php](https://kipkomplekt.ru/text/dukat_d.php) (дата обращения 13.05.2023).
7. ДАК-CO2 -026, -031, -035, -126, -131 датчик-газоанализатор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kipkomplekt.ru/text/dak-co2.php> (дата обращения 14.05.2023).
8. Сенсон-СВ-5031 датчик - газоанализатор стационарный [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kipkomplekt.ru/text/senson-sv-5031.php> (дата обращения 14.05.2023).

9. Марш-Д серии ИГС-98 исполнения 001, 009, 010, 014, 021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://kipkomplekt.ru/text/marsh\\_d.php](https://kipkomplekt.ru/text/marsh_d.php) (дата обращения 14.05.2023).

10. ДАК-СН4 датчик-газоанализатор инфракрасный, ИБЯЛ. 418414.071-27, -29, -32, -26, -37, -129, -132, -137 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kipkomplekt.ru/text/dak-ch4.php> (дата обращения 15.05.2023).

11. Сенсон-СВ-5031 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://senson.ru/katalog-produkcii/senson-sv-5031.html> (дата обращения 15.05.2023).

12. ТПУ-205 (ТСМУ, ТСПУ, ТХАУ, ТххУ-205) - Элемер [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-temperaturey/termopreobrazovately-s-unifitsirovannym-vykhodnym-signalom/tpu-205-tkhkhu-205/](https://www.elemer.ru/catalog/datchiki-temperaturey/termopreobrazovатели-s-unifitsirovannym-vykhodnym-signalom/tpu-205-tkhkhu-205/) (дата обращения 16.05.2023).

13. Метран 2700 Датчик Температуры с УВС - Emerson [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.emerson.com/ru-ru/catalog/metran-2700-ru-ru> (дата обращения 16.05.2023).

14. Метран-271, Метран-274, Метран-276 - Emerson [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/метран-271-метран-274-метран-276-раздел-каталога-ru-ru-4848882.pdf> (дата обращения 16.05.2023).

15. Вихревые расходомеры Rosemount 8800 | Emerson [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.emerson.com/documents/automation/каталог-вихревые-расходомеры-rosemount-8800-раздел-каталога-metran-ru-ru-61878.pdf> (дата обращения 19.05.2023).

16. Вихревой расходомер ИРГА-РВ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://irga.ru/product/pribory-ucheta/raskhodomery/raskhodomery-vikhrevoyu-irga-rv/> (дата обращения 19.05.2023).

17. ЭЛЕМЕР-РВ - Расходомеры-счетчики вихревые [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elemer.ru/catalog/raskhodomery/raskhodomery-schetchiki-vikhrevye/elemer-rv/> (дата обращения 19.05.2023).

18. SPC1-50-E Регуляторы мощности - Autonics [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://autonics.su/product/spc1-50-e\\_a1100000004/](https://autonics.su/product/spc1-50-e_a1100000004/) (дата обращения 21.05.2023).

19. Однофазные тиристорные регуляторы мощности ESGT [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://indstore.ru/product/ESGT-1Ph> (дата обращения 21.05.2023).

20. Регуляторы мощности ТРИД Т91, Т93, Т93F - ТЕПЛОПРИБОР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://теплоприбор.рф/catalog/regulatory-moshhnosti-trid-t91-t93-t93f/> (дата обращения 22.05.2023).

21. Программируемый логический контроллер REGUL R500 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://prosoftsystems.ru/catalog/show/programmiruemyj-logicheskij-kontroller-regul-r500> (дата обращения 22.05.2023).

22. Программируемый логический контроллер АБАК ПЛК [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://incomsystem.ru/abak-controllers/products/programmiruemyu-logicheskij-kontroller-abak-plk/> (дата обращения 23.05.2023).

23. Программируемый логический контроллер ЭЛСИ-ТМК [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elesy.ru/products/products/plc.aspx> (дата обращения 23.05.2023).

24. Клапан с электроприводом тип КПСРН серия 400 - НЕМЕН [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nemen.ru/index/our-product/catalog/klapan-y-s-elektroprivodami/tip-kpsrn-seriya-400/> (дата обращения 23.05.2023).

25. Каталог продукции - РУСТ-95 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://roost.ru/каталог%20руст%2095.pdf> (дата обращения 23.05.2023).

26. Преобразователь частоты SDI-G0.4-2B - INSTART [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://instart-info.ru/product/sdi-g0-4-2b/> (дата обращения 23.05.2023).

27. Преобразователи частоты ПЧ-510 (DEKV060) - DEKraft [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.dek.ru/catalog/preobrazovateli-chastoty-pch-510-dekv060> (дата обращения 24.05.2023).

28. Частотный преобразователь Веспер Е4-8400-SP5L 0,4кВт 220В [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.vesper.ru/catalog/invertors/e4\\_8400/chastotnyy-preobrazovatel-vesper-e4-8400-sp5l-04kvt-220v/](https://www.vesper.ru/catalog/invertors/e4_8400/chastotnyy-preobrazovatel-vesper-e4-8400-sp5l-04kvt-220v/) (дата обращения 24.05.2023).

29. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85) Единая система программной документации (ЕСПД). Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/283/28346.pdf> (дата обращения 24.05.2023).

30. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 24.05.2023).

31. Трудовой кодекс (ТК РФ) - Документы системы ГАРАНТ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12125268/> (дата обращения 24.05.2023).

32. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/319/31970.pdf> (дата обращения 24.05.2023).

33. ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294819/4294819191.pdf> (дата обращения 24.05.2023).

34. Скачать ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293754/4293754317.htm> (дата обращения 24.05.2023).

35. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rkc56.ru/documents/4538> (дата обращения 24.05.2023).

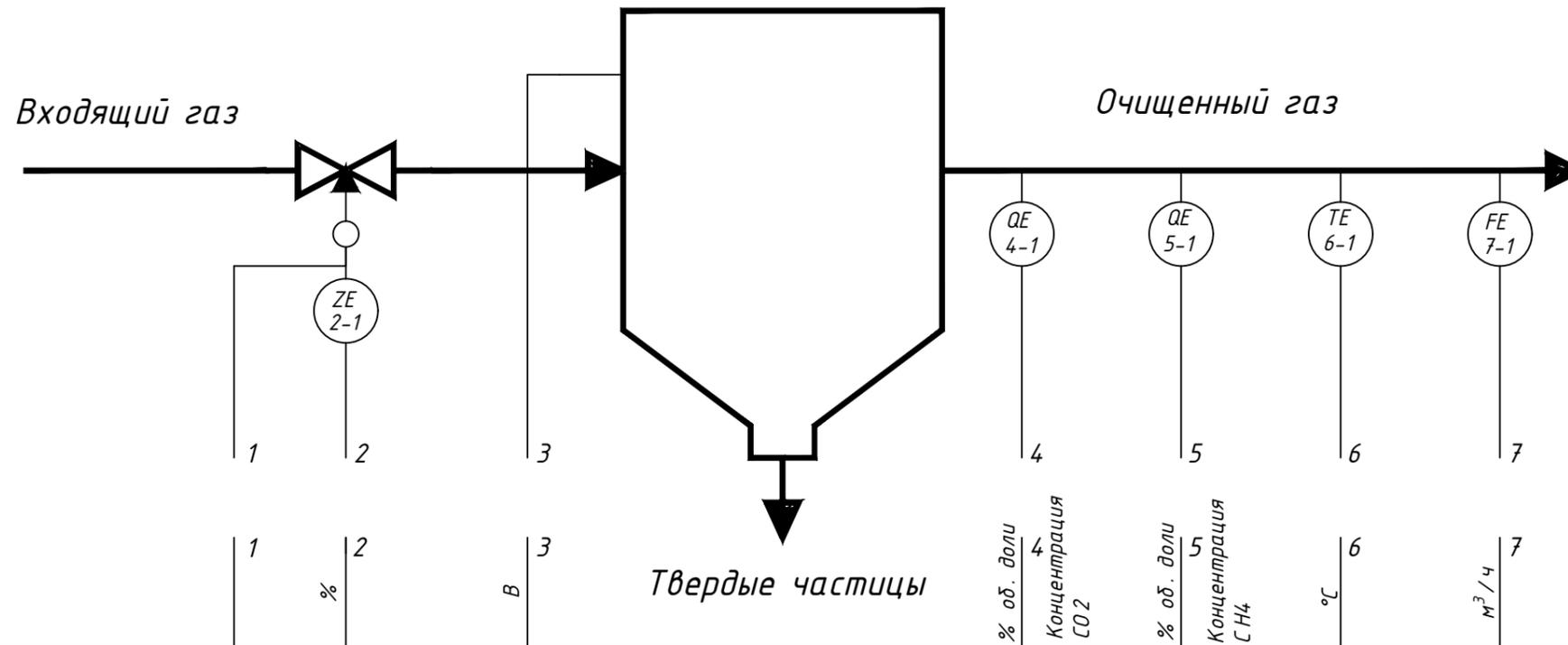
36. Свод правил СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO\\_07.11.2016\\_777.pdf](https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf) (дата обращения 25.05.2023).

37. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dikipedia.ru/document/5343400> (дата обращения 12.05.2023).

38. ГОСТ Р 50948-2001. СРЕДСТВА ОТОБРАЖЕНИЯ. ИНФОРМАЦИИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО. ПОЛЬЗОВАНИЯ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data/45/4504.pdf> (дата обращения 25.05.2023).

39. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2022-04-08/c907f456516c1f21009131cfdb944deb.pdf> (дата обращения 25.05.2023).

**Приложение А  
(Обязательное)  
Функциональная схема автоматизации**

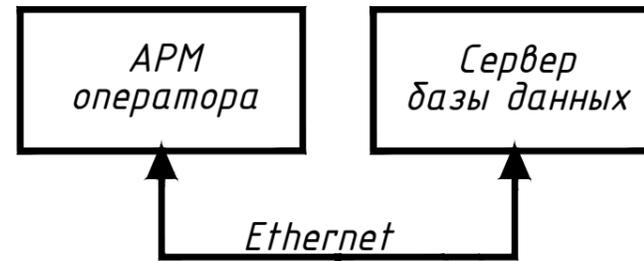


По месту		FC 1-1	ZE 2-2	EC 3-1	QE 4-2	QE 5-2	TE 6-2	FE 7-2
Шкаф	ПЛК	AI	○	○	○	○	○	○
		DI	○	○	○	○	○	○
		AO	○	○	○	○	○	○
		DO	○	○	○	○	○	○
SCADA	Мониторинг	○	○	○	○	○	○	○
	Управление	○	○	○	○	○	○	○
	Сигнализация	○	○	○	○	○	○	○

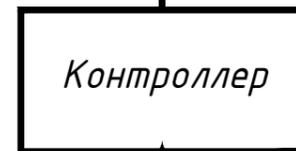
					<b>ФЮРА.421411.017 С2</b>			
					Установка плазмохимической конверсии			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Функциональная схема автоматизации	Станд.	Лист	Листов
Разраб.	Сладков М.					ТРП	1	
Провер.	Леонов С. В.							
					ТПУ ИШИТР Группа 8 Т 92			

**Приложение Б  
(Обязательное)  
Структурная схема автоматизации**

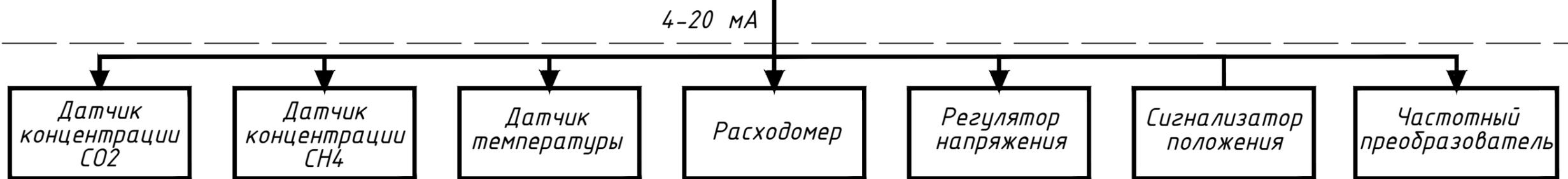
Верхний  
уровень



Средний  
уровень



Нижний  
уровень



					<b>ФЮРА.421411.017 С1</b>			
					Установка плазмохимической конверсии			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Структурная схема автоматизации	Станд.	Лист	Листов
Разраб.	Сладков М.					У	1	
Провер.	Леонов С. В.							
					ТПУ Группа ИШИТР 8 Т 92			

## Приложение В (Обязательное)

### Блок-схема алгоритма сбора и обработки информации

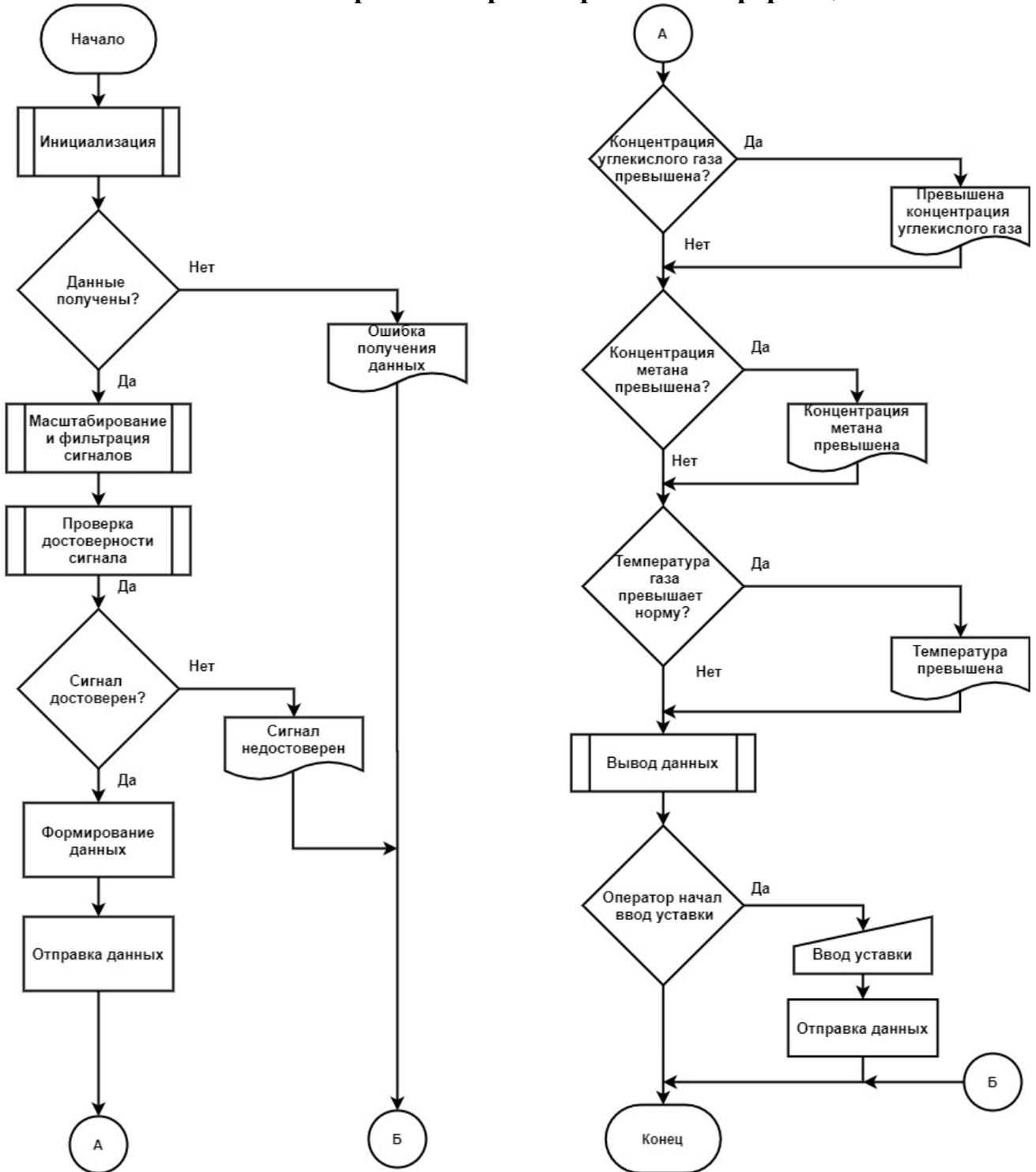


Рисунок В.1 – Блок-схема алгоритма сбора и обработки информации

Приложение Г  
(Обязательное)  
Экранная форма АС

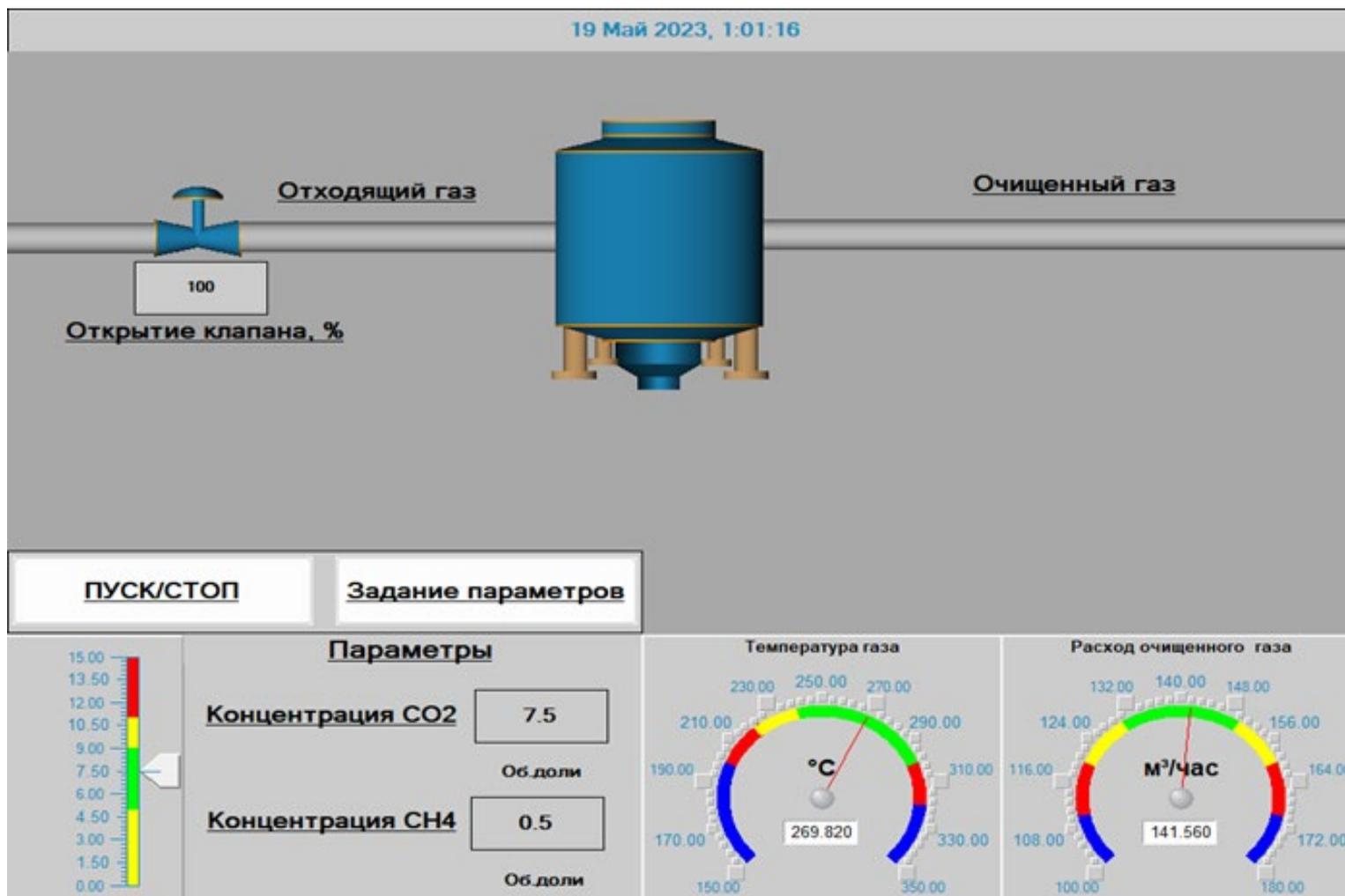


Рисунок Г.1 – Экранная форма АС