

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Модернизация автоматизированной системы управления локомотивного депо</b>

УДК 681.51:629.47

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Кузнецов Александр Дмитриевич		

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	к.т.н.		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В. В.			

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	к.т.н., доцент		

Запланированные результаты обучения по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P1	Использовать основные знания в области математических и естественных наук для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теоретические и практические навыки и методы решения инженерных задач.
P2	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно–технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P3	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P4	Иметь представление о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь выбирать и использовать подходящее программно–техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
<b>Универсальные компетенции</b>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы. Быть готовым нести ответственностью за риски в работе коллектива при решении инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду, юридических аспектов.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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 подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсбережение	20
	Социальная ответственность	20

**СОСТАВИЛ:  
Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е. И.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	к.т.н., доцент		

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 (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)

Воронин А. В.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

в форме

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т52	Кузнецову Александру Дмитриевичу

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления локомотивного депо	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59-64/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам;</i></p>	<p>Объектом исследования является автоматизированная система микроклимата пассажирского вагона</p>
--	--

экономический анализ и т. д.).	
--------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (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).	1 Анализ технологического процесса 2 Анализ действующей установки 3 Разработка структурной схемы 4 Функциональная схема автоматизации 5 Выбор средств реализации АС 6 Заключение по работе
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1 Основная часть	Старший преподаватель ОАР ИШИТР, Сидорова А. А.
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю.
3 Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В. В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	07.04.2020
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Е.И.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т52	Кузнецов Александр Дмитриевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т52	Кузнецову Александру Дмитриевичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Смета затрат на выполнение ВКР
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка технико-экономической эффективности проекта

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *График проведения и бюджет НИ*
2. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	07.04.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т52	Кузнецов Александр Дмитриевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т52	Кузнецову Александру Дмитриевичу

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

Тема ВКР:

<b>Модернизация автоматизированной системы управления локомотивного депо</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочим местом является помещение диспетчерской в локомотивном депо. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Требования пожарной безопасности вагона[11] – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» – ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Повышенная или пониженная влажность воздуха; – Недостаточная освещённость рабочей зоны. – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенный уровень электромагнитных излучений;
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– загрязнение атмосферы – загрязнение литосферы – загрязнение гидросферы
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС на объекте: пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является пожар(возгорание)

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ООД	Матвиенко Владимир Владиславович			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т52	Кузнецов Александр Дмитриевич		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 с., 14 рисунков, 29 таблиц, 21 источник, 5 приложений.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, пассажирский вагон, система микроклимата, электрораспашка, управляемый электропривод, SCADA-система, функциональная схема автоматизации, структурная схема автоматизации.

Объектом исследования является пассажирский вагон.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы микроклимата пассажирского вагона с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

В выпускной квалификационной работе была спроектирована и применена система контроля, а также управления технологическим процессом с помощью контроллера МЗТА МС8, используя SCADA.

Данная система используется для управления и использования сведения на объектах и других предприятиях, а также контролирования. С помощью нее происходит увеличение безошибочности и качество измерений, повышение производительности, а так же уменьшение количества неисправностей.

## Содержание

Обозначения и сокращения	11
Введение	12
1 Назначение и цели модернизации системы микроклимата	13
1.1 Назначение создания системы	13
1.2 Характеристика объекта автоматизации	13
1.3 Требования к системе	14
1.3.1 Требования к числу уровней иерархии и степени централизации системы	14
1.3.2 Требования к режимам функционирования системы	15
1.4 Требования к видам обеспечения	15
1.4.1 Требования к техническому обеспечению	15
1.4.2 Требования к программному обеспечению	17
1.4.3 Требования к метрологическому обеспечению	18
2 Решения для реализации поставленных задач в ТЗ	19
2.1 Описание технологического процесса	19
2.2 Разработка структурной схемы	21
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации	23
2.4 Комплекс аппаратно-технических средств	24
2.4.1 Выбор устройств измерения	24
2.4.1.1 Датчики давления	25
2.4.1.2 Датчик влажности	27
2.4.1.3 Датчик температуры	29
2.4.1.4 Выбор датчика качества воздуха	31
2.4.2 Выбор контроллерного оборудования	33
2.4.3 Выбор исполнительных механизмов	35
2.5 Разработка схем внешних проводок	37
2.6 Разработка алгоритмов управления	39
2.6.1 Алгоритм управления электроприводной заслонкой	41
2.6.2 Алгоритм диагностики электроавтоматики	46
2.7 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром	46
2.8 Экранные формы АСУ	48
2.8.1 Разработка дерева экранных форм	48
2.8.2 Разработка экранных форм АС	50
3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности	52
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений	52
3.1.2 SWOT – анализ	54
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	56
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	56

3.2.2	Разработка графика проведения научного исследования	57
3.3	Бюджет научно-технического исследования	59
3.3.1	Расчет материальных затрат	59
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование	60
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	61
3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
3.3.6	Накладные расходы	62
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	62
4	Социальная ответственность	63
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	64
4.1.1.	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	64
4.1.2.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	67
4.2	Производственная безопасность	67
4.2.1	Анализ вредных и опасных факторов	67
4.2.2	Анализ вредных факторов	68
4.2.2.1	Отклонения показателей микроклимата	68
4.2.2.2	Повышенный уровень шума	69
4.2.2.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений	70
4.2.2.4	Недостаточная освещенность рабочей зоны	71
4.2.3	Мероприятия по защите от вредных и опасных факторов	73
4.3	Экологическая безопасность	75
4.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	77
4.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	77
4.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	77
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	76
4.4.1	Причины пожара в вагоне	76
4.4.2	Обеспечение безопасности	77
4.4.3	Мероприятия по ликвидации пожара	77
	Заключение	79
	Список использованных источников	80
	Приложение А (обязательное) Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств	82
	Приложение Б (обязательное) Функциональная схема автоматизации	83
	Приложение В (обязательное) Схема внешних проводок лист 1	84
	Приложение Г (обязательное) Схема внешних проводок лист 2	85
	Приложение Д (справочное) План-график	86

## **Обозначения и сокращения**

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ИВ – исходная величина;

САР – система автоматического регулирования;

ТЗ – техническое задание;

АСИ – автоматизированная система измерения;

КИП – контрольно-измерительные приборы;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

СИ – средство измерения;

БДК – базы данных конфигурации;

ПП – переходный процесс;

ИМ – исполнительный механизм;

КС – компьютерная сеть;

НО – нуль орган;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ИС – информационная сеть;

РСУ – распределенная система управления;

СКВ – система кондиционирования вагона;

АСУ – автоматизированная система управления;

ТП – технологический процесс;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

СУ – согласующее устройство;

КМХ – контроль метрологических характеристик;

ИУС – информационно-управляющая система;

ПАЗ – противоаварийная защита;

РО – регулирующий орган;

КАТС – комплекс аппаратно-технических средств.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 с., 14 рисунков, 29 таблиц, 21 источник, 5 приложений.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, пассажирский вагон, система микроклимата, электрораспашка, управляемый электропривод, SCADA-система, функциональная схема автоматизации, структурная схема автоматизации.

Объектом исследования является пассажирский вагон.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы микроклимата пассажирского вагона с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы.

В выпускной квалификационной работе была спроектирована и применена система контроля, а также управления технологическим процессом с помощью контроллера МЗТА МС8, используя SCADA.

Данная система используется для управления и использования сведения на объектах и других предприятиях, а также контролирования. С помощью нее происходит увеличение безошибочности и качество измерений, повышение производительности, а так же уменьшение количества неисправностей.

## **1 Назначение и цели модернизации системы микроклимата**

### **1.1 Назначение создания системы**

Основной целью АСУ с диагностикой электроавтоматики системы микроклимата пассажирского вагона заключается в увеличении точности диагностика в ходе технологического процесса системы микроклимата, с учетом самодиагностики всей системы.

Функции данной системы:

- управление и контроль в режиме реального времени, очистки воздуха влаги, вредных примесей, влаги, вредных или избыточных веществ;
- возможность изменения системы управления в режим безопасности, в условия нестандартных ситуаций, угрожающих окружающей среде (неисправность аппаратуры, возгорание, и т.д);
- учет и хранение сведений о системе микроклимата;
- уведомление о возникших неисправностях, отправленные с датчиков;
- изменения диапазона измерений, в зависимости от давления в цепях управления;
- диагностика электрических цепей;
- диагностика неисправностей с указанием конкретного участка;
- контроль обрыва соединения с программируемым логическим контроллером.

### **1.2 Характеристика объекта автоматизации**

Решение задач, основанных на модернизации специальных, координационных и специально-экономических решений, достигается засчет:

- правильная кодировка сигнала с объекта;

- модернизация функционирования объекта;
- увеличение качества и скорости измерения основных данных с объекта;
- введение усовершенствованных решений, для получения достоверных параметров с технологического объекта;
- предотвращение технологических аварий, с целью сохранения качества экологии;
- сокращение отказов оборудования.

### **1.3 Требования к системе**

#### **1.3.1 Требования к числу уровней иерархии и степени централизации системы**

В данном проекте мы используем вид использования оборудования, который состоит из трех уровней:

- первый уровень, который включает в себя датчики и исполнительные устройства:

- 1) датчик давления;
- 2) датчик влажности;
- 3) датчик температуры;
- 4) датчики качества воздуха;
- 5) монтажный кабель и специальное оборудование для установки.

- второй уровень, который включает в себя прием и передачу сведений на панель проводника. АСУ построена на базе «КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-3». Используемый ПЛК – МЗТА МС8;

- верхний уровень – уровень, включающий Человеко-машинный интерфейс (НМИ) проводника. Состав панели проводника:

- 1) пульт управления электрооборудованием пассажирского вагона:

- a. сенсорный экран;
  - b. приборы контроля и сигнализации;
  - c. реверсивные переключатели и автоматы защиты;
  - d. разъемы, для подключения оборудования.
- 2) релейный стабилизатор напряжения.
- 3) лицензионное ПО:
- a. программа для создания проектов к пультам, компиляции проектов и загрузки в пульт (ADP);
  - b. сервисная программа для настройки модуля MA8 (MA8NNModbus);
  - c. система для мониторинга и диспетчерского управления (SCADA).

Структурная схема автоматизации показана в приложении А.

### **1.3.2 Требования к режимам функционирования системы**

Требование к проекту заключается в работе в безостановочном режиме, поддерживать исправное состояние во время длительности рейса.

## **1.4 Требования к видам обеспечения**

### **1.4.1 Требования к техническому обеспечению**

Согласно проекта, оборудование должно быть устойчиво к внешним воздействиям температуры и влажности в диапазоне от минус 40 °С до 60 °С, с влажностью воздуха 85 %.

Автоматизированная система управления обязана иметь функцию добавления модулей, изменения и усовершенствования проекта, а также иметь запас контактов для ввода и вывода в размере более 15% .

КТС автоматизированной системы управления с функцией диагностики данной системы микроклимата, обязан удовлетворять

требованиям технического задания в плане осуществления качественных показателей, и состоять из следующих частей:

- исполнительные устройства, в состав которых входят датчики, устройства передачи сигналов и предохранительные устройства;
- системы управления контроллерным оборудованием;
- универсальные панели проводника для приема данных;
- хранение и использование данных;
- оборудование для передачи данных.

Согласно данного проекта, система должна строиться включать в себя датчики влажности, давления, перепада давления, температуры, предохранительных автоматов, датчики качества воздуха.

Требования к датчикам, для последующей установки, должны соответствовать сигналам в пределах (4 – 20) мА.

Осуществление передачи данных, должны иметь конструктивную реализацию:

- модуль ввода/вывода дискретных сигналов;
- модуль ввода/вывода аналогового сигналов (4 – 20) мА.

Используемые датчики должны иметь защиту от перегрева. В процессе подбора датчиков необходимо брать в учет наличие электробезопасных цепей. Исполнительные элементы датчиков отвечать требованиям по устойчивости к коррозии.

Программируемые логически контроллеры должны иметь оптимальную цену, иметь дискретные и аналоговые входы и выходы, а также быть по функционалу специализированным ПЛК для систем микроклимата.

В качестве исполнительного механизма будем использовать заслонку воздуха с электроприводом, которая должна иметь функцию автоматического и ручного управления, иметь способность отправлять сигналы, а также иметь фиксацию в крайних положениях.

Необходимые функции модернизации должны включать в себя:

- формирование и хранение сведений от полученных сигналов;
- формирование алгоритмов регулирования, управления и обеспечение защиты с применением предусмотренных устройств;
- формирование мнемосхемы для отображения данных сигналов, получаемых от технологических объектов;
- формирование регламентирующих документов (протоколов, рапортов);
- формирование технологических трендов.

Основное программное обеспечение должно иметь функции выполнения измерения, фильтрации, представления, управления и сигнализации.

Специальное программное обеспечение должно иметь функции, в соответствии с уровнем информационно-управляющей системы (расчеты, алгоритмы управления и т.д.)

#### **1.4.2 Требования к программному обеспечению**

Программное обеспечение должно иметь совместимость со всем объектами проекта.

Программное обеспечение, входящее в состав АСУ должно обладать удобными режимами управления, иметь систему защиты, для входа в программу согласно базы проводников, а также быть защищённым от вредоносного программного обеспечения.

В состав системного программного обеспечения должны входить функции, согласно УИС. Верхний уровень должен быть обеспечен современной операционной системой, с возможностью получения данных через Ethernet, а также быть специализированной в данном применении.

Средний и нижний уровень должен обладать обширными сетевыми

возможностями, поддержкой хранения данных, а также иметь графическую оболочку. Операционные системы всех уровней ИУС должны иметь стандартные открытые сетевые протоколы обмена данными.

Накопитель должен иметь достаточный объем памяти для возможности хранения информации не менее 3-х лет.

Оборудование должно обеспечивать безопасность хранения данных:

- тренды, протокол событий – не менее 1 месяца;
- ежемесячные отчеты – не менее 1 года;
- отчеты за сутки, смену – не менее 3 месяца.

Инструментальное ПО должно обеспечивать выполнение функций конфигурирования (настройки) базового прикладного ПО и создание специального прикладного ПО.

Программное обеспечение должно иметь функцию резервирования данных на внешнем носителе.

Данные, отправляемые с приборов измерения, не должны искажаться. Необходимо обеспечить функцией защиты, диагностики и контроля данных.

Оборудование для обработки информации, должно иметь блок непрерывного питания, который позволяет при отказе электрооборудования, продолжать функционировать в рабочем режиме не менее трех часов. Индикация включения блока непрерывного питания должна быть размещена на панели управления.

### **1.4.3 Требования к метрологическому обеспечению**

Метрологическое обеспечение должно охватывать все стадии модернизации системы и ее использование.

Измерительные каналы системы включают в себе компоненты такие как: выпрямитель, датчики, обеспечение связи с автоматизированным объектом, интерфейсные связи и специализированное ПО.

При исполнении проекта в плане метрологии и соответствие характеристик, должны опираться на требования ГОСТ 8009-85.

Структура системы имеет полное право включать вышеуказанные компоненты, которые прошли проверку состояния соответствия нормативно-технической документации, применимой к ним.

Межремонтный период капитального ремонта, согласно регламента, должен быть равен 8 лет. Время для восстановления рабочего режима системы должен быть не более часа.

Процесс эксплуатации характеризуется периодическими поверками системы, а также метрологическими характеристиками в целом.

## **2 Решения для реализации поставленных задач в ТЗ**

### **2.1 Описание технологического процесса**

СКВ в пассажирском вагоне необходима для обработки свежего воздуха и его подачи, его дезинфекции для того, чтобы предотвратить распространение инфекций и болезнетворных бактерий, а также обеспечить комфортные условия для пассажиров, машинистов и поездной бригады.

Системы кондиционирования на вагоне должны отвечать таким требованиям как: иметь низкое энергопотребление, небольшие габариты, а также высокую эффективность и, самое главное, стабильно поддерживать определенные параметры микроклимата в поезде, вне зависимости от метеорологических условий.

СКВ включает в себя такие системы как вентиляция, охлаждение, отопление, а также электрический подогрев вентилирующего воздуха.

Система микроклимата пассажирского вагона реализуется в пассажирском вагоне, с установленной скоростью не более 160 км/ч, с использованием электротяги. Система кондиционирования воздуха должна соответствовать нормам: температура окружающей среды от 45 °С до 15 °С в режиме охлаждения и диапазон температуры от 15 °С до 50 °С в режиме

вентиляции и отопления. Хладагент R-134A должен соответствовать требованиям в плане отсутствия токсичности, иметь не воспламеняющий химический состав с использованием синтетического масла BSE-170, с компрессией пара и функционирование в плане жидкости холодильной машины с компрессией пара.

Система микроклимата пассажирского вагона имеет следующие режимы:

1) вентиляция – включение режима, при достижении температуры воздуха от 20 °С до 24 °С;

2) отопление – включение режима, при достижении температуры воздуха в вагоне ниже 20 °С. Подогрев воздуха обеспечивается электрокалорифером с номинальной мощностью 6 кВт;

3) охлаждение – включение режима, при достижении температуры воздуха в вагоне 22 °С и поддержание температуры воздуха в вагоне от 22 °С до 26 °С.

Срабатывание защиты должно обеспечивать блокировку повторного запуска, с помощью реле времени, не менее двух минут.

Сигнал поступает на лампы высковольтного отопления первой и второй группы с одновременным запуском отопления.

С помощью контактного реле происходит включение отопления при автоматическом режиме. В ручном режиме отопление первой и второй группы включаются засчет механических выключателей.

На рисунке 1 показана схема технологического процесса.

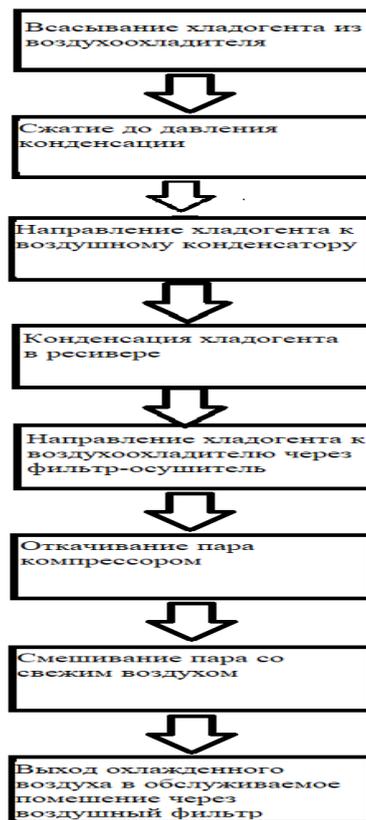


Рисунок 1 – Схема технологического процесса

## 2.2 Разработка структурной схемы

Структурная схема автоматизации представляет собой комплекс аппаратно-технических средств АСУ с соответствующей диагностикой электроавтоматизированной системы микроклимата пассажирского вагона выстроена на трехуровневом иерархическом принципе согласно п.1.3.1 настоящего ТЗ.

Нижний уровень системы включает в себя такие первичные средства автоматизации как:

- датчик температуры;
- датчики давления;
- датчик качества воздуха;
- датчик влажности.

Нижний уровень выполняет такие функции как:

- проведение измерений параметров технологического процесса и преобразования, а также оборудования;
- осуществление сбора, а также передача информации о состоянии технологического оборудования на верхний уровень с помощью применения оборудования среднего уровня и передача информации о ходе технологического процесса.

Средний уровень характеризуется коммуникационными интерфейсами, предназначенными для сбора информации с нижнего уровня, а также передачи полученной информации на верхний (то есть информационно-вычислительный) уровень.

Верхний уровень характеризуется охватыванием Человеко-машинный интерфейс (HMI) проводника. Основной состав панели проводника следующий:

- 1) пульт управления электрооборудованием пассажирского вагона:
  - a. сенсорный экран;
  - b. реверсивные переключатели, а также автоматы защиты;
  - c. приборы контроля, а также сигнализации;
  - d. интерфейсная плата 2 COM-порта.
- 2) непосредственный источник бесперебойного питания (ИБП), мощность которого составляет не меньше 450 Вт;
- 3) обязательное лицензионное ПО:
  - a. программа для создания проектов к пультам, компиляции проектов, а также загрузки в пульт (ADP);
  - b. сервисная программа для настройки модуля MA8 (MA8NNModbus);
  - c. основные системы для диспетчерского управления (SCADA), а также мониторинга.

Верхний уровень системы выполняет такие функции как:

- выбор и поиск информации в архивной и исторической базе данных, а также подбор информации из базы данных в реальном времени;
- тщательное оперативное отображение информации в текущем масштабе времени в виде мнемосхем с динамическими элементами, графиками и таблицами, которые контролируют нынешнее состояние технологического процесса, а также формирование полученной информации;
- проведение формирования, а также ведение технологической базы данных;
- получение информации о параметрах технологического процесса со среднего уровня системы, а также о состоянии оборудования;
- реализация обмена данными с нижним уровнем системы через оборудования среднего уровня;
- выполнение команд дистанционного управления посредством их формирования;
- отображение протоколов событий, а также провести их формирование;
- бесперебойное электропитание на верхнем уровне технических средств.

Комплекс технического оборудования и его структурная схема изображены в приложении А.

### **2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации**

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, с помощью которого определяется функциональная структура блоков отдельных узлов для автоматического контроля, регулирования технологического процесса и управления, а также оснащения объекта управления необходимыми приборами и средствами автоматизации. Функциональная схема автоматизации показывает такие системы как:

автоматический контроль, регулирование, дистанционное управление, сигнализация, защита, а также система блокировки [1].

Функциональная схема автоматического управления и контроля представляет собой предназначение для отображения основных технических решений, которые принимаются при проектировании систем автоматизации технологических процессов [1].

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса были решены такие задачи как:

- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов, а также надлежащего состояния технологического оборудования;
- задача получения первичной информации о соответствующем состоянии технологического процесса, а также оборудования.

В указанной работе функциональная схема автоматизации была разработана согласно требованиям ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов», и к тому же ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [13, 14].

Функциональная схема автоматизации указана в приложении Б.

## **2.4 Комплекс аппаратно-технических средств**

Комплекс аппаратно-технических средств (КАТС) АСУ с комплексом диагностической электроавтоматики системы микроклимата пассажирского вагона включает в себя такие устройства как измерительные и индикационные устройства, систему диагностики электроавтоматики, а также интерфейсные линии связи.

### **2.4.1 Выбор устройств измерения**

В указанном разделе мы произведем подбор датчиков:

- датчика качества воздуха;
- датчика температуры;
- датчика давления;
- датчика влажности.

#### 2.4.1.1 Датчики давления

Перед тем как выбрать датчик давления был проведен сравнительный анализ таких датчиков как:

- BD Sensors DS 200P;
- BD Sensors DM 10;
- BD Sensors DMP 331;
- Сапфир-22М;
- Метран-150 CDR.

Результаты проведения выбора отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение датчиков давления

Критерии выбора	BD Sensors DMP 331	BD Sensors DM 10	BD Sensors DS 200P	Метран-150 CDR	Сапфир-22М
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Цена	19784 руб.	15667 руб.	33122 руб.	16500 руб.	74155 руб.
Диапазоны пределов измерений	(0–40) МПа	(0–250) МПа	(0–40) МПа	(0–10) МПа	-
Предел допускаемой погрешности	0,2 %	1 %	0,25 %	0,2 %	0,25 %
Выходной сигнал	(4–20) мА +HART	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА +HART	(4–20) мА
Взрывозащищенность	Ex	-	Ex	1ExdIICT6	Ex
Температура окружающей среды	(минус 40 - 125) °С	(минус 25 - 85) °С	(минус 25 - 300) °С	(минус 40 - 85) °С	(минус 50 - 80) °С
Наличие ЖКИ	нет	да	да	да	нет
Срок службы	12 лет	6 лет	6 лет	12 лет	12 лет

## Продолжение таблицы 2 – Сравнение датчиков давления

Степень защиты от пыли и воды	IP68	IP65	IP65	IP66	-
-------------------------------	------	------	------	------	---

Метран-150 CDR был выбран в качестве датчика давления, поскольку он имеет небольшую относительную погрешность, широкий диапазон перестройки, наличие жидкокристаллического дисплея, а также поддержку HART-протокола и, прежде всего в связи с ТЗ о диагностике электроавтоматики, интеллектуальный датчик Метран-150 CDR имеет в своем комплекте функцию самодиагностики.

Метран-150 CDR представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Датчик давления Метран-150 CDR

Датчики давления серии Метран-150 CDR, которые предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал либо цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин. Основные из них выделены ниже:

- разности давлений;
- абсолютного давления;
- избыточного давления.

Основные способы управления параметрами датчика:

- локального интерфейса проводника;
- удаленно, используя программные средства АСУТП либо программу HART-Master, а также HART-модема;
- используя HART-коммуникатор;
- удаленно, используя AMS.

Основные характеристики датчика давления Метран-150 АС указаны в таблице 2.

Таблица 3 – Основные характеристики датчика давления Метран-150 АС

Техническая характеристика	Значение
Измеряемые среды	Жидкости, газ, газовые смеси, пар
Пределы измерений	от 0 до 10 МПа (от -13,789 до 13,789 Мпа)
Основная приведенная погрешность	±0,5%; ±0,2%; ±0,1%
Выходной сигнал	(4-20) мА/HART
Взрывозащищенные исполнения	1ExdIICT6
Диапазон температур окружающей среды	от минус 40 до 85 °С; от минус 51 до 85 °С (опция)
Интервал между поверками	до 5 лет
Степень защиты датчиков от воздействия пыли и воды	IP 66

#### 2.4.1.2 Датчик влажности

При эксплуатации системы микроклимата пассажирского вагона необходимо соблюдать условия, а также поддерживать условия влажности, контролировать чтобы она не превышала установленных санитарных норм.

В качестве датчика влажности были рассмотрены такие виды как:

- Измеркон Т3110;
- Измеркон Т3113;
- Измеркон Т1110;
- SIEMENS QFA2071;
- Измеркон Т3111.

Сравнительный анализ датчиков влажности представлен в таблице 3.

Таблица 4 – Сравнение датчиков влажности

Критерии выбора	Измеркон T1110	Измеркон T3113	Измеркон T3110	Измеркон T3111	SIEMENS QFA2071
Измеряемая среда	Относительная влажность				
Цена	18789 руб.	22214 руб.	21314 руб.	23069 руб.	12488 руб.
Диапазоны пределов измерений	(0–100) %	(0–100) %	(0–100) %	(0–100) %	(0–100) %
Предел допускаемой погрешности	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2 %
Выходной сигнал	(4–20) мА				
Диапазон рабочей температуры	(минус 30 - 80) °С	(минус 30 - 125) °С	(минус 30 - 80) °С	(минус 30 - 105) °С	(минус 40 - 70) °С
Наличие ЖКИ	да	да	да	да	да
Интервал калибровки	1 год	1 год	1 год	1 год	2 года
Срок службы	3 года	3 года	3 года	3 года	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65

В роли основного датчика влажности мы будем использовать SIEMENS QFA3171D, поскольку по сравнению с аналогами от компании «Измеркон» они имеют большую погрешность, более короткий срок службы, а также расширенный интервал калибровки. Датчик влажности изображен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Датчик влажности SIEMENS QFA3171D

Прибор имеет отличительные особенности такие как:

- наиболее удобный доступ к устройствам электрозащиты, а также клеммам;
- более длинный интервал калибровки;
- малый объем работ при монтаже;
- для удобного восприятия получаемой информации имеется жидкокристаллический дисплей;
- нет послонных деталей, а также щелевых отверстий, из-за которых прибор практически не будет требовать технического обслуживания.

Датчик влажности SIEMENS серии QFA3171D и его технические характеристики приведены в таблице 4.

Таблица 5 – Технические характеристики SIEMENS QFA3171D

Техническая характеристика	Значение
Температура окружающей среды	(минус 40 - 70) °С
Выходные сигналы	аналоговые
Режим работы	(0 - 50) °С (R2 = заводская настройка), (минус 35 - 35) °С (R1), (минус 40 - 70) °С (R3)
Чувствительный элемент	Pt 1000
Частота	50/60 Гц при АС 24 В
Защита от взрыва	есть
Степень защиты от пыли и воды	IP65 по IEC 60 529

Данный прибор имеет небольшую погрешность и высокую точность. Измерение влажности не зависит от погодных условий. Измерение влажности происходит засчет изменения на месте скопления электролита, покрытый на изоляционном поверхности. Чувствительный элемент определяют концентрацию раствора хлорида, засчет чего происходит измерение данного параметра..

### 2.4.1.3 Датчик температуры

Датчики измерения температуры на выходной линии приведены ниже:

- Метран ТСМУ-274;
- Метран ТСМУ-55;
- WIKA UT10;
- Метран-241.

Характеристики сравнения приведены в таблице 5.

Таблица 6 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Критерии выбора	Метран ТСМУ-274	Метран ТСМУ-55	WIKA UT10	Метран-241
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Малогабаритные подшипники и поверхности твердых тел
Цена	7575 руб.	9300 руб.	47294 руб.	12341 руб.
Диапазон измеряемых температур	(минус 50 - 180) °С	(минус 50 - 150) °С	(минус 30 - 150) °С	(минус 40 - 200) °С
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,25 %	0,1 %	0,75 %
Потребляемая мощность	Не более 0,5Вт	0,5 Вт	-	-
Выходной сигнал	(4–20) мА+HART	(4–20) мА	(4–20) мА +HART	(4–20) мА
Взрывозащищенность	ExdIICT6	ExdIICT6	EExiaIICT6	ExdeIICT6
Температура окружающей среды	(минус 50 - 85) °С	-	(минус 40 - 60) °С	(минус 45 - 60) °С
Срок службы	5 лет	5 лет	5 лет	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP65	-	IP67	IP5x

Метран-274 используется для измерения температуры в нейтральных, а также агрессивных средах, где защитный армирующий материал устойчив к коррозии. Датчик Метран-274 был выбран для измерения температуры (рисунок 3), поскольку по ТЗ степень защиты соответствует техническим характеристикам, указанный датчик имеет возможность самопроверки, а также существует протокол HART.



Рисунок 3 – Датчик температуры Метран-274

Чувствительный элемент первичного преобразователя, а также измерительный преобразователь, который встроен в головку датчика, преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, это означает, что существует возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. Технические характеристики Метран-274 указаны в таблице 6.

Таблица 7 – Технические характеристики Метран-274

Техническая характеристика	Значение
Диапазон преобразуемых температур	(минус 150 - 300) °С
Выходной сигнал	(4 - 20) мА
Предел допускаемой основной приведенной погрешности	0,25 %; 0,5 %
Зависимость выходного сигнала от температуры	линейная
Степень защиты от воздействия пыли и воды	IP65
Виброустойчивость	V1
Межповерочный интервал	4 года
Температура окружающего воздуха	(минус 45 - 70) °С

#### 2.4.1.4 Выбор датчика качества воздуха

В помещении необходимо следить за качеством воздуха и содержание в нем углекислого газа. Сравнительный анализ приведен в таблице 7.

Таблица 8 – Сравнение датчиков качества воздуха

Критерии выбора	Regeltechni k KLQ- CO2-W- TYR2	Regeltechni k KLQ_DISP LAY	CAREL DPWQ3060 00	Thermokon LK+ CO2	FuehlerSyst eme RL2/A
Измеряемая среда	Качество воздуха	Качество воздуха	Качество воздуха	Качество воздуха	Качество воздуха
Цена	33937 руб.	30284 руб.	23167 руб.	23533 руб.	21431 руб.
Диапазоны измерения чистоты воздуха	(0–100) %	(0–100) %	(0–100) %	(0–100) %	(0–95) %
Диапазон измерения углекислого газа	(0–5000) ppm	(0–5000) ppm	(0–5000) ppm	(0–10000) ppm	(0–5000) ppm
Предел допускаемой погрешности	3 %	1 %	2,5 %	1 %	2 %
Выходной сигнал	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА
Диапазон рабочей температуры	(минус 25 - 80) °С	(0 - 50) °С	(0 - 50) °С	(минус 30 - 80) °С	(0 - 50) °С
Наличие ЖКИ	нет	да	да	да	нет
Автоматическая калибровка	да	да	да	да	нет
Срок службы	5 лет	5 лет	3 года	5 лет	3 года
Степень защиты от пыли и воды	IP65	IP65	IP67	IP65	IP30

При сравнительном анализе датчиков качества воздуха будем использовать Thermokon LK+ CO2, т.к. в сравнении с аналогами он имеет меньший предел погрешности, больший диапазон измерений углекислого газа, а также увеличенный диапазон температуры. Датчик качества воздуха показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – Датчик качества воздуха Thermokon LK+ CO<sub>2</sub>

Датчик качества воздуха Thermokon LK+ CO<sub>2</sub> предназначен для определения содержания углекислого газа в воздухе.

Исключительные характеристики:

- быстрый отклик;
- высокая чувствительность и точность;
- отображение наличия примесей;
- вентиляция помещений только по мере необходимости, что дает значительную экономию электроэнергии;

Thermokon LK+ CO<sub>2</sub> задает параметры чувствительности датчика к определенным примесям. При обнаружении загрязнения воздуха срабатывает датчик и начинается очистка воздуха. Данный тип датчика по мере очищения изменяет цветовую индикацию, тем самым демонстрируя происходящий процесс очистки. При срабатывании датчика качества воздуха запускается генератор отрицательных ионов, которые, распространяясь в помещении, дезактивируют воздух. Этот процесс ускоряет вентилятор внутреннего блока.

#### **2.4.2 Выбор контроллерного оборудования**

При проектировании системы были рассмотрены следующие виды контроллеров Siemens SIMATIC S7-300, МЗТА МС8, Schneider Electric Modicon M238. Сравнение ПЛК указаны в таблице 8.

Таблица 8 – Сравнение ПЛК

Критерии выбора	МЗТА МС8	Siemens SIMATIC S7-300	Schneider Electric Modicon M238
Потребляемая мощность	не более 7 Вт	64 Вт	17.2 Вт
Цена	22000 руб.	58000 руб.	33528 руб.
Количество дискретных входов/выходов	4/8	10/6	14/10
Тип входа	"сухой" контакт	"сухой" контакт	"сухой" контакт
Количество аналоговых входов/выходов	8/2	-	-
Количество клемм	52 клемм	40 клемм	40 клемм
Диапазон рабочей температуры	(5 - 60) °С	(0 - 40) °С	(0 - 55) °С
Наличие ЖКИ	да	нет	нет
Интерфейс	RS232/ RS485+ Ethernet	RS232/ RS485+ Ethernet	RS232/ RS485+ Ethernet
Срок службы	5 лет	5 лет	5лет
Степень защиты от пыли и воды	IP20	IP20	IP20

В основе системы автоматизированного управления с диагностикой электроавтоматики системы микроклимата в пассажирском вагоне будем использовать ПЛК МЗТА МС8, т.к. он имеет меньшую цену, увеличенное количество клемм и согласно нашего проекта нет необходимости добавлять дополнительные модули. ПЛК МЗТА МС8 имеет 4 дискретных входа и 8 выходов, 8 аналоговых входов и 2 выхода.

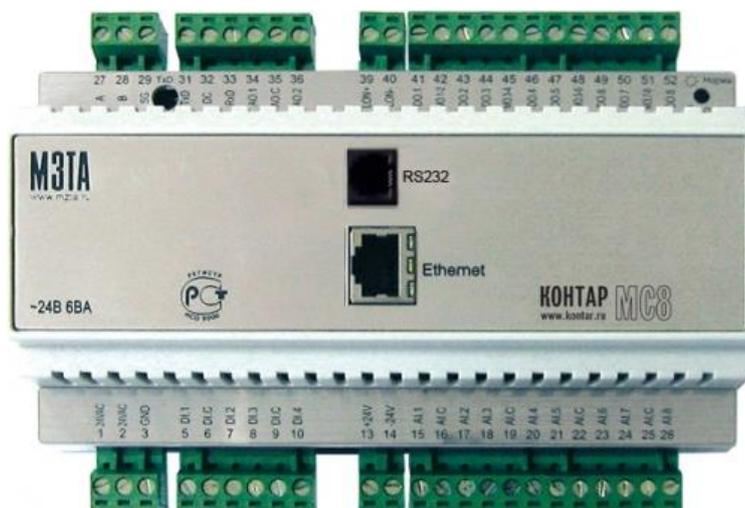


Рисунок 5 – ПЛК МЗТА МС8

Компактный логический контроллер МЗТА МС8 непосредственно был реализован для OEM производителей. Новейший контроллер был разработан с учетом всех требований рынка для дальнейшей легкой установки. Контроллер выполняет такие функции как: регулирование скорости, управление координатными перемещениями, счёт, а также обмен данными с высокой работоспособностью:

- расширенный перечень функций: выходы с мгновенной обработкой, высокоскоростной счетчик, а также проведение обработки по событию;

- входы, а также выходы аналоговые: разрешение 12 либо 16 бит.

Список основных периферийных устройств:

- наладка связи с верхним уровнем, то есть встраивание Ethernet;
- ЧМИ: графика;
- сервоприборы, а также преобразователи частоты: около 16 (бывает в среднем 8).

### 2.4.3 Выбор исполнительных механизмов

Устройство в системе управления, которое непосредственно осуществляет управляющее воздействие со стороны регулятора на объект управления посредством механического перемещения регулирующего органа, является исполнительное устройство.

Контроль подачи наружного воздуха в вагон осуществляется с помощью применения воздушных заслонок с электроприводами. Контроль осуществляется путем открытия или закрытия заслонок. Положение заслонок изменяется путем изменения величины напряжения.

Процесс, который регулируется от исполнительного устройства должен непосредственно изменять процесс в должном направлении для достижения установленной задачи, то есть для стабилизации регулируемой величины.

При автоматическом управлении напряжение управления (от 0 до 10 В) подается с аналогового выхода контроллера. При автоматическом управлении может осуществляться два режима: полное открытие или закрытие заслонок.

Свежий наружный воздух подается в вагон путем применения воздушной заслонки. Открытие заслонки происходит с помощью применения автоматического управления в двух фиксированных положениях. Общий расход воздуха через заслонки в закрытом положении –  $0 \text{ м}^3/\text{ч}$ , в открытом –  $530 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В данном проекте будем использовать воздушную заслонку с электроприводом BELIMO CM24 (рисунок 6).



Рисунок 6 – Электропривод BELIMO CM24

Основные технические характеристики электропривода представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики электропривода BELIMO CM24

Характеристика	Значение
Тип сигнала управления	(4 – 20) мА
Время поворота	75 с / 90°
Уровень шума	Макс. 35 дБ
Температура регулируемой среды	(минус 40 - 80) °С
Степень защиты корпуса	IP54
Класс защиты	III для низких напряжений
Расчетная мощность	2 Вт

## 2.5 Разработка схем внешних проводок

Схемы соединений и подключений внешних проводок разработаны в соответствии с требованиями ГОСТ 21.408-2013 [14]. Схемы разработаны для следующего КАТС:

- датчик давления;
- датчик температуры;
- датчик качества воздуха;
- датчик влажности.

Для датчиков с выходным сигналом 4-20 мА, предусмотрен блок преобразователей сигнала, расположенный в клеммной коробке. На выходе из блока мы получаем сигнал RS-485 (промышленный интерфейс). Параметр питания датчиков – 24 VDC. Используемые приборы (датчики) подключаются в соответствии с их схемами.

Для подключения используется кабель марки МКЭШ. Аббревиатура МКЭШ обозначает «монтажный кабель в экране с защитным шлангом», что достаточно точно описывает конструктивные особенности данного вида продукции: медные жилы с пластмассовой изоляцией, пластмассовая оболочка, защитный покров. Данный кабель используется для подключения электроприборов (номинальное переменное напряжение до 500 В частотой до 400 Гц, постоянное напряжение до 700 В). Температурный режим окружающей среды от минус 50 °С до 70 °С. МКЭШ состоит из луженых токопроводящих жил из меди, количество которых может варьироваться от 2 до 14. Использование в конструкции оплётки, плотность которой составляет не менее 65%, позволяет снизить влияние внешних электромагнитных излучений на внутренний провод кабеля и уменьшить паразитное излучение сигналов. В данном проекте нет клеммной коробки, т.к. провода подключены напрямую к контроллеру. Для производства монтажных работ нам необходимо:

- кабель МКЭШ 3x0,75 – 29 метров;
- кабель МКЭШ 4x0,75 – 26 метров;
- кабель МКЭШ 5x0,75 – 64 метра;
- кабель МКЭШ 7x0,75 – 4 метра.

Требования главы 2.3. «Кабельные линии напряжением до 220 кВ» ПУЭ и дополнительные правила разделения цепей соблюдаются при монтаже кабеля. В разных кабелях должны прокладываться:

- цепи сигналов управления и сигнализации напряжением (220 В переменного тока и 24 В постоянного);

- сигналы последовательной передачи данных (интерфейсные соединения);
- сигналы управления и контроля для взаиморезервируемых механизмов (устройств);
- цепи отдельных шлейфов пожарной сигнализации.

Передача аналоговых сигналов осуществляется отдельно от сигналов сигнализации и управления с помощью экранированного кабеля.

Схемы соединений и подключений внешних проводок приведены в приложении В и Г.

## **2.6 Разработка алгоритмов управления**

Предлагается описание разработки алгоритмов управления. В данном случае – электроприводами заслонок. Существующая система управления электроприводами заслонок построена на базе ПЛК МЗТА МС8.

Цели разработки алгоритмов:

- улучшение экологической обстановки на объекте;
- увеличение количества оповещения сотрудников и точность данных, полученных с объектов;
- обеспечение безопасности объекта и увеличения качества управления технологического метода;
- оптимизация работников;
- увеличение качества управления объектом автоматизации.

Свойства алгоритмов могут преобразовывать входные сигналы, поступающие с панели управления проводника, а также выполнять механическое воздействия на механизмы, с учетом обратной связи.

Входной информацией для алгоритмов является:

- данные дискретных и аналоговых сигналов, отправляемые на ПЛК с полевого уровня;

- технические сведения ПЛК;
- информация, содержащая в себе данные отправленные от технологического оборудования с панели управления проводника;
- информация, отправленная по интерфейсным линиям связи.

Алгоритм, разрабатываемый для управления электропривода воздушной заслонки, должен учитывать следующие требования:

- наличие системы автоматического управления и контроля;
- зависимость работы технологических объектов функционирование и воздействий;
- внедрение SCADA-системы с использованием программных средств обработки информации;
- иерархическая система включает в себя человеко-машинный интерфейс;
- распределение загрузки сети;
- автоматический перезапуск системы.

Данный проект должен обеспечивать соответствие заявленного объекта в определенных режимах:

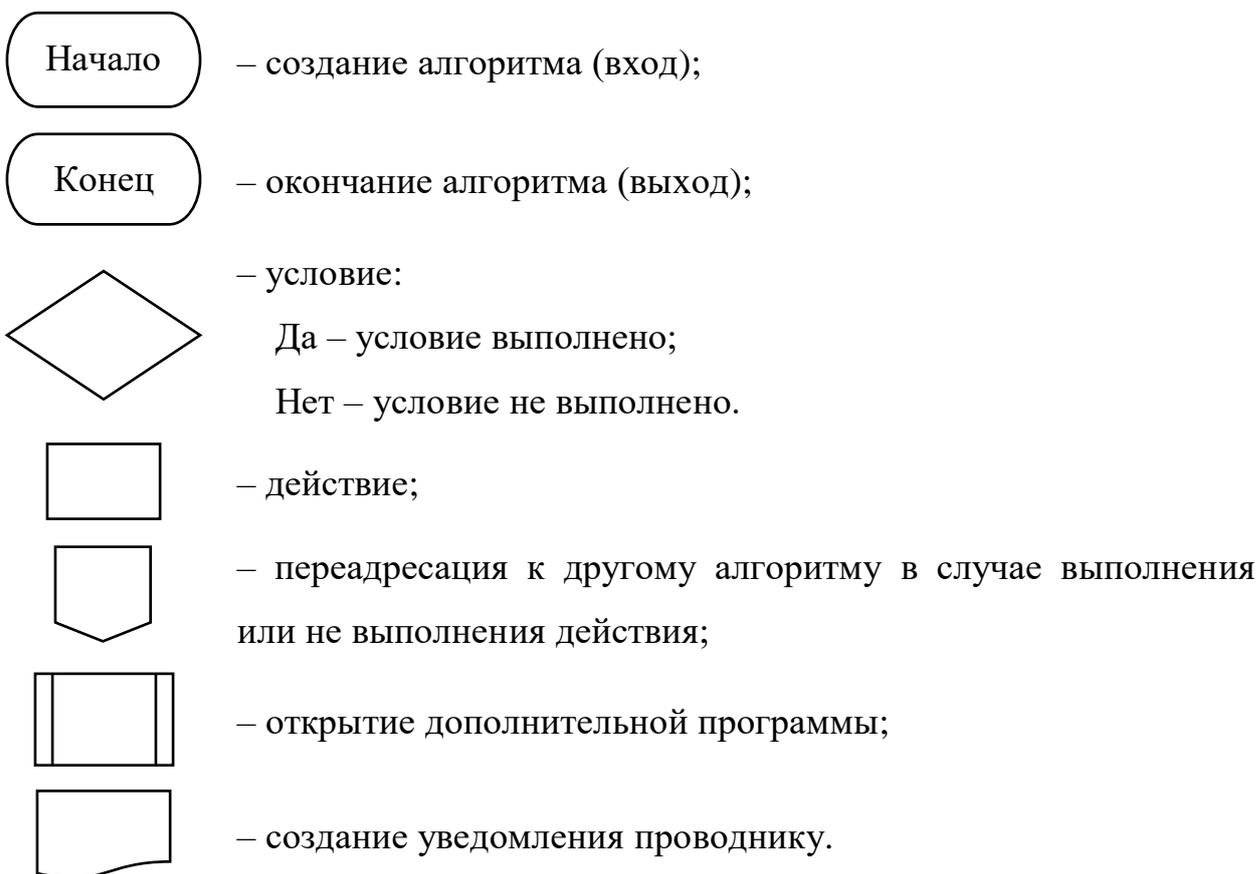
- автоматическая проверка, изменение параметров, запуск и калибровка системы;
- независимое включение, контроль и диагностика контроллеров.

Алгоритма берет информацию с данных других алгоритмов.

Управление электрозаслонкой имеет следующие режимы:

- 1) автоматический;
- 2) ручного управления;
- 3) дистанционном;
- 4) регулирования.

Для составления блок-схемы алгоритмов будем использовать данные элементы (в соответствии с ГОСТ 19.701-90 [17]):



### 2.6.1 Алгоритм управления электроприводной заслонкой

Данный алгоритм предназначен для управления электроприводом воздушной заслонки. Мы имеем список входных (состояния) и выходных сигналов (управления):

- входные сигналы – "Закрыта", "Отказ", "Открыта";
- выходными сигналами являются сигналы "Ручное", "Дистанционный", "Открыть", "Закрыть", "Стоп".

При ситуации, если сигналы "Открыта" и "Закрыта" активны одновременно, формируется сигнализация "Ошибка состояния «электрозаслонки»".

Если активен сигнал "Отказ", формируется сигнализация "Отказ привода электрозаслонки".

Если отсутствует сигнала "Открыта" и "Закрыта", электропривод имеет положение "Промежуточное".

По команде "Открыть" выходной сигнал "Открыть" устанавливается в активное состояние на заданное время. Заслонка начинает двигаться в сторону открытия. Команда считается выполненной в момент активации состояния сигнала "Открыта". Если за заданное время сигнал "Открыта" не переходит в активное состояние, то формируется сигнализация "Отказ открытия электрозаслонки". Команда "Открыть" разрешена, при соблюдении следующих пунктов: установлен дистанционный режим, не выполняется команда "Закрыть", нет активных сигнализаций "Ошибка состояния электрозаслонки", "Отказ привода электрозаслонки".

По команде "Закрыть" выходной сигнал "Закрыть" устанавливается в активное состояние на заданное время. Заслонка начинает двигаться в сторону закрытия. Команда считается выполненной в момент активации состояния сигнала "Закрыта". Если за заданное время сигнал "Закрыта" не переходит в активное состояние, формируется сигнализация "Отказ закрытия электрозаслонки". Команда "Закрыть" разрешена, при соблюдении следующих пунктов: установлен дистанционный режим, не выполняется команда "Открыть", нет активных сигнализаций "Ошибка состояния электрозаслонки", "Отказ привода электрозаслонки".

По команде "Стоп" значение выходного сигнала "Стоп" устанавливается в активное состояние на время, достаточное для разрыва цепи пускателя и снятия самоподхвата. Команда "Стоп" разрешена в том случае, если установлен дистанционный режим. Управление положением заслонки можно осуществлять в двух режимах: местном и дистанционном. Дистанционный режим предусматривает проведение операций (открытие, закрытие, остановка открытия или закрытия) по командам проводника, непосредственно, с панели управления заслонкой или автоматическое управление заслонкой (при наличии для заслонок с автоматическим

управлением). В местном режиме дистанционное управление заслонки блокируется, становится неактивным, и управление осуществляется по месту.

Установка дистанционного режима осуществляется командой "Дистанционный". В результате выполнения этой команды сигнал устанавливается в активное состояние, в свою очередь сигнал "Местное управление" устанавливается в неактивное состояние. Основным режимом считается дистанционный.

Установка местного режима осуществляется командой "Местный". В результате выполнения команды сигнал "Местное управление" устанавливается в активное состояние, а сигнал "Дистанционное управление" устанавливается в неактивное состояние. При работе в местном режиме дистанционное управление заслонкой становится невозможным. Входами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 10.

Таблица 10 – Входы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание
vlv_on	boolean	Состояние электрозаслонки «Открыта»
vlv_off	boolean	Состояние электрозаслонки «Закрыта»
vlv_fail	boolean	Состояние электрозаслонки «Отказ»
vlv_rem_cmd	boolean	Нажата кнопка «Дистанционный»
vlv_loc_cmd	boolean	Нажата кнопка «Местный»
vlv_open_cmd	boolean	Нажата кнопка «ОТКРЫТЬ»
vlv_close_cmd	boolean	Нажата кнопка «ЗАКРЫТЬ»
vlv_stop_cmd	boolean	Нажата кнопка «СТОП»
vlv_mask	boolean	Режим электрозаслонки «Маскирование» включен
t_o_pusk	boolean	Пуск сторожевого таймера на открытие электрозаслонки
t_o_reach	boolean	Срабатывание таймера на открытие электрозаслонки
t_o_reset	boolean	Сброс сторожевого таймера на открытие электрозаслонки
t_c_pusk	boolean	Пуск сторожевого таймера на закрытие электрозаслонки
t_c_reach	boolean	Срабатывание таймера на закрытие электрозаслонки
t_c_reset	boolean	Сброс сторожевого таймера на закрытие электрозаслонки

Выходами алгоритма являются сигналы, приведенные в таблице 11, а также сигнализации и сообщения проводнику.

Таблица 11 – Выходы алгоритма

Обозначение	Тип данных	Описание

Продолжение таблицы 11 – Выходы алгоритма

vlv_open	boolean	Управляющий сигнал заслонки «Открыть»
vlv_close	boolean	Управляющий сигнал заслонки «Закрыть»
vlv_stop	boolean	Управляющий сигнал заслонки «Стоп»
vlv_loc	boolean	Управляющий сигнал заслонки «Местное управление»
vlv_rem	boolean	Управляющий сигнал заслонки «Дистанционное управление»

На рисунке 7 представлена блок-схема алгоритма обработки состояния электрозаслонки.

На рисунке 8 представлена блок-схема алгоритма останова электрозаслонки (подпрограмма «Останов электрозаслонки»).

На рисунке 9 представлена блок-схема алгоритма открытия электрозаслонки (подпрограмма «Открытие электрозаслонки»).

На рисунке 10 представлена блок-схема алгоритма закрытия электрозаслонки (подпрограмма «Закрытие электрозаслонки»).

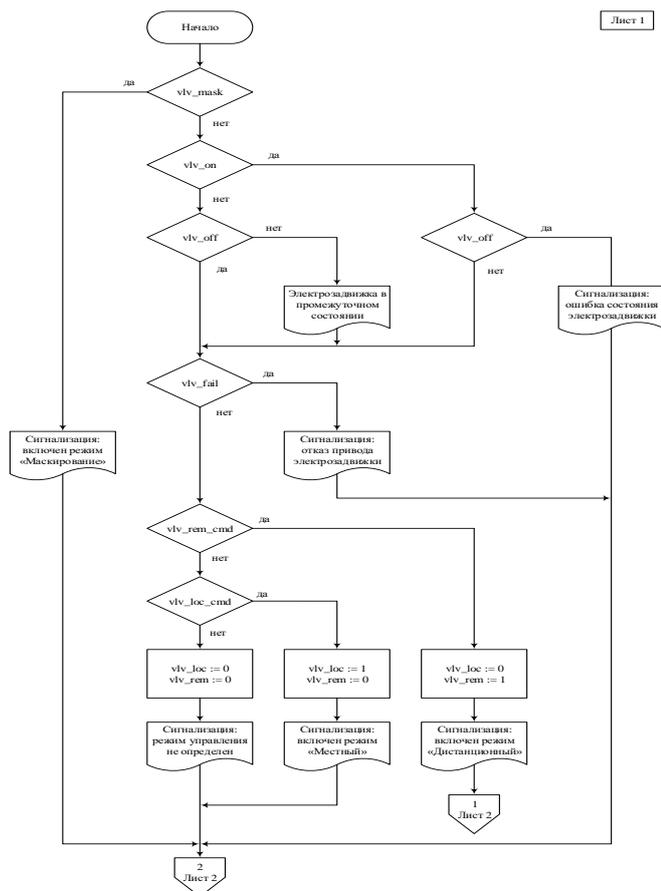


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма обработки состояния электрозаслонки (лист 1 из 2)

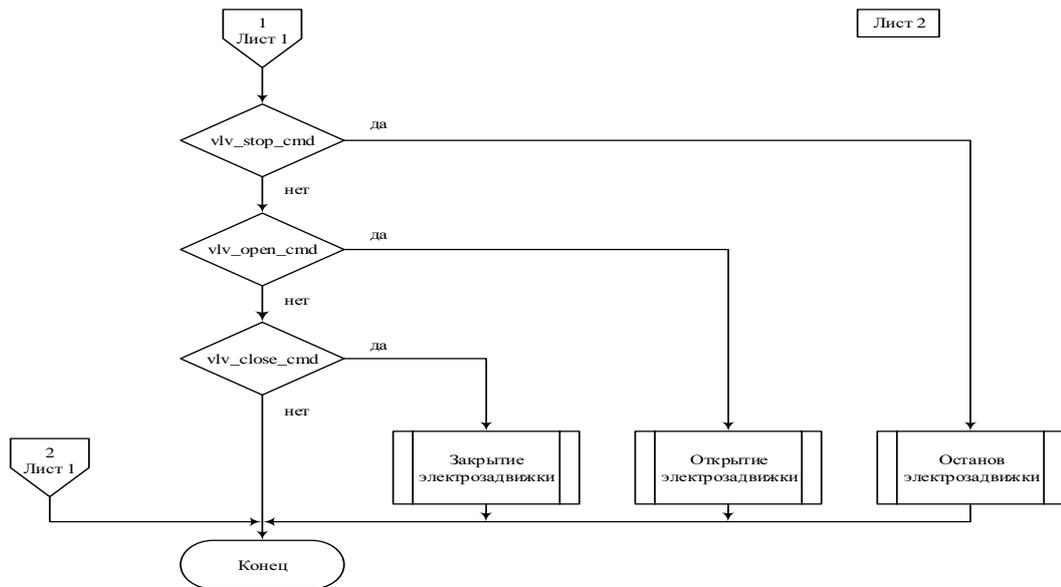


Рисунок 8 – Блок-схема обработки состояния электрозаслонки (лист 2 из 2)

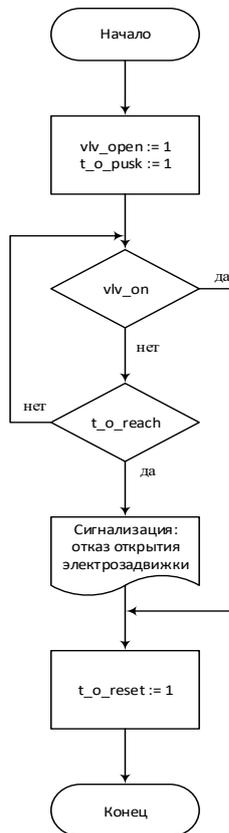


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритма открытия электрозаслонки (подпрограмма «Открытие электрозаслонки»)

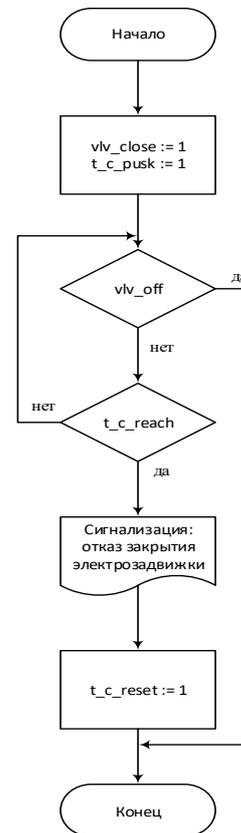


Рисунок 10 – Блок-схема алгоритма закрытия электрозаслонки (подпрограмма «Закрытие электрозаслонки»)

## **2.6.2 Алгоритм диагностики электроавтоматики**

В ходе работы АСУ необходимо в соответствии с п. 1.3.1 настоящего ТЗ разработать алгоритм диагностики.

Описание алгоритма:

Исполнительные устройства диагностируются на прохождение величины тока. При снижении тока менее 4 мА, происходит передача сигнала проводнику вагона о возникновении короткого замыкания цепи. При превышении тока на величину более 20 мА происходит формирование сигнала о возникновении короткого замыкания в цепи. При сохранении величины тока в диапазоне от 4 до 20 мА, на панель управления передается информация о успешном выполнении диагностики.

## **2.7 Алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром**

В качестве алгоритма регулирования будем использовать алгоритм ПИД регулирования, который позволяет обеспечить хорошее качество регулирования, достаточно малое время выхода на режим и невысокую чувствительность к внешним возмущениям.

ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

Объектом управления является магистраль цепей управления.

Для того чтобы осуществить возможность регулирования поступающего потока, выбираем двойное значение поступающего расхода равному максимальному значению расхода в цепях управления – 530 м<sup>3</sup>/ч. Коэффициент передачи определяется как отношение приращения расхода

по изменению степени открытия регулирующего органа. Данные о времени используется механизме, для определения открытого или закрытого состояния, которое согласно технической документации должно составлять не более 75 секунд.

Процесс регулирования расхода осуществляется следующим образом. На вход блока управления поступают заданное (уставка) и текущие значения регулируемой величины. Блок управления вычисляет рассогласование на основе которого формирует управляющий сигнал, подаваемый на вход исполнительного устройства.

По рассогласованию регулятор формирует задание по положению регулирующего органа. Заданное положение сравнивается с текущим, полученным от датчика положения регулирующего органа. На основе рассогласования по положению блок управления формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм.

Блок ограничения удерживает задание по положению регулирующего органа в пределах от 0 до 100 %. Структурная схема регулирования представлена на рисунке 11.

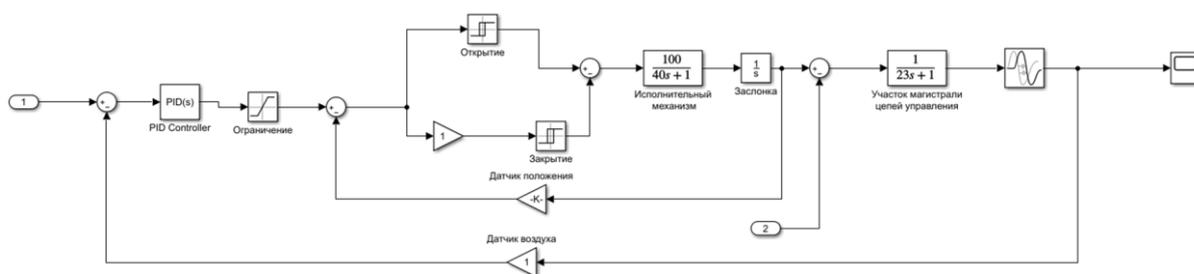


Рисунок 11– Структурная схема регулирования в среде Matlab

Выбор параметров ПИД регулятора осуществлялся путем использования автоматической настройки ПИД регулятора в среде Matlab для получения приемлемой характеристики переходного процесса. Приближенные значения составляют:  $K_v = 1$ ;  $K_d = 1$ ;  $K_j = 0,01$ . Переходный процесс в среде Matlab представлен на рисунке 12.

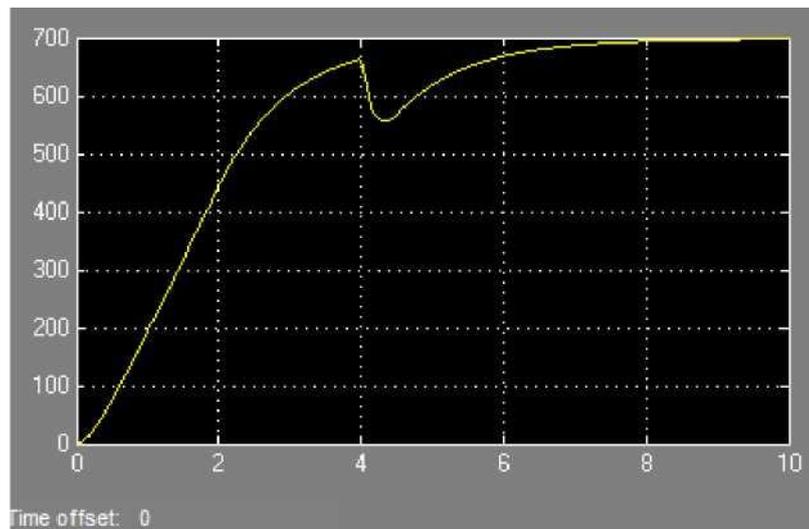


Рисунок 12 – Переходный процесс в среде Matlab

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 7 сек.

## 2.8 Экранные формы АСУ

Автоматизированная системы управления осуществляется с помощью SCADA-системы Simplight. Данная система необходима для реализации контроля параметров в активном состоянии, иметь точное отображение информации, критерий безопасности и надежности. SCADA-система Simplight обеспечивает возможность работы с оборудованием различных производителей с использованием OPC-технологии. Другими словами, выбранная SCADA-система не ограничивает выбор аппаратуры нижнего уровня, т. к. предоставляет большой набор драйверов или серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

### 2.8.1 Разработка дерева экранных форм

Пользование данной программой можно осуществлять с помощью сенсорного экрана.

Навигация по разным разделам происходит путем нажатия на определенные иконки.

Панель проводника обеспечивает работу с возможностью изменения профиля, при вводе заданных при регистрации логина и пароля. Доступ пользователей формирует перечень возможностей, который устанавливает администратор. При необходимости смены профиля нужно нажать на иконку в левом верхнем углу экрана, При появлении окна доступа, автоматически завершается предыдущий сеанс и ввод имени и пароля осуществляется с помощью всплывающей клавиатуры на сенсорном экране.

На рисунке 13 показана окно доступа в систему.



Рисунок 13 – Окно доступа в систему

Данная система имеет функцию сохранения имени, с целью уменьшения времени для входа, с помощью которого можно выбрать уже ранее использованный логин. В случае, если вы не производили вход в систему, необходимо в поле User Name ввести имя и пароль, которые должны совпадать с пользователя в базе данных. Регистр чувствителен к методу ввода: учитываются прописные и заглавные буквы, символы и числа.

При верном вводе логина и пароля на экране появится мнемосхема системы микроклимата. Мнемосхемы обеспечивает удобное восприятие информации, контроль характеристик и возможность управления объектами. Чтобы открыть вспомогательные мнемосхемы необходимо на сенсорном

экране нажать на область экрана с иконкой и надписью, для расширенного управления системой микроклимата.

Основным режимом работы системы отопления и кондиционирования является автоматический. Предусмотрено так же и ручное управление. Переключение режимов отопления и управления параметров микроклимата осуществляется с помощью пульта управления, расположенном в служебном отделении. Автоматический режим управления обеспечивает поддержание температуры воздуха в вагоне при изменении наружной температуры. В этом режиме автоматика пульта создает команду работы элементов системы в режимах отопление, вентиляция и охлаждение. В режиме автоматического управления климатической системы, в зависимости от температуры наружного воздуха автоматика пульта управления задает требуемые температуры воздуха в пассажирских и служебных помещениях 22-24 градуса при первоначальном включении. Возможно изменять заданную температуру в сторону увеличения или уменьшения. На дисплее пульта управления системой микроклимата возможно выбрать дополнительные режимы: предварительное охлаждение и предварительное отопление, для подготовки вагона к рейсу до посадки пассажиров, а так же режим отстоя, для поддержания температуры в вагоне не менее 5 градусов, с целью ускорения последующего нагрева воздуха в отсутствии пассажиров и обслуживающего персонала.

### **2.8.2 Разработка экранных форм АС**

Для доступа к системе «КЛИМАТ» необходимо нажать на сенсорном экране иконку «КЛИМАТ». Данная экранная формула необходима для наблюдения за техническими параметрами системы микроклимата. На мнемосхеме показывается заданные критерии системы микроклимата в пассажирском вагоне:

- давление воздуха в цепях управления;

- температура воздуха в купе;
- температура наружного воздуха;
- состояние оборудования.

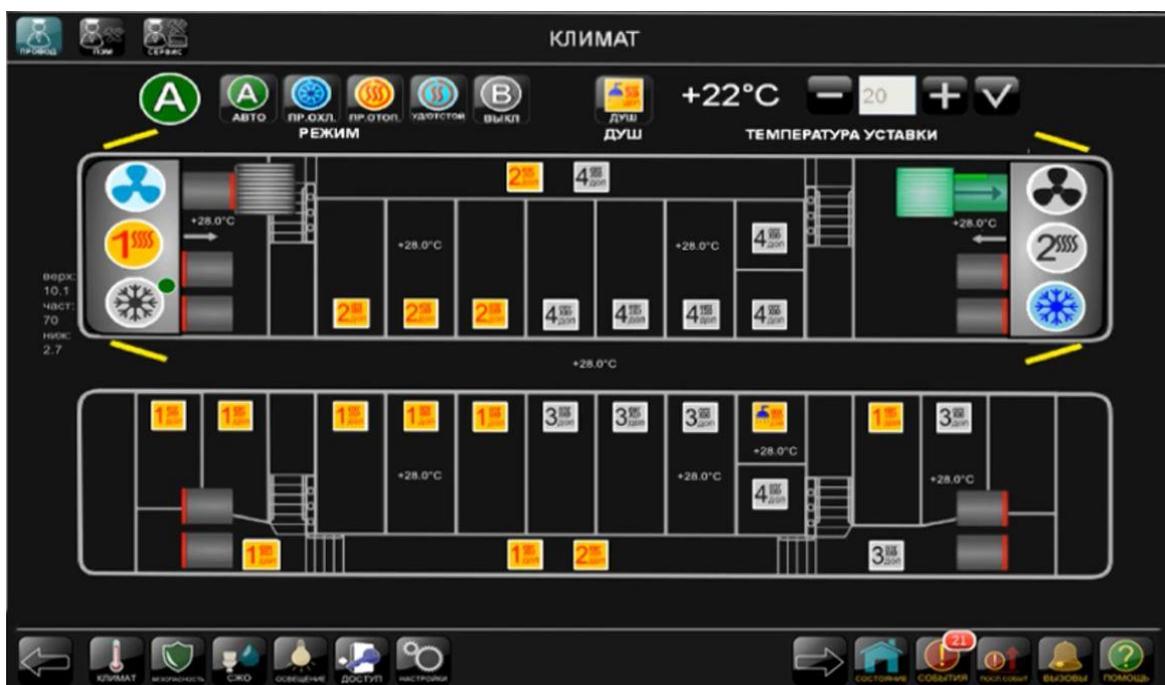


Рисунок 8 – Мнемосхема системы микроклимата

### 3 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

#### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются организации, специализирующиеся в отрасли перевозок, в частности – перевозки пассажиров. Для данных предприятий разрабатывается модернизация автоматизированной системы управления с системой тестирования электроавтоматики микроклимата пассажирского вагона.

В таблице 12 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании–заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» – ОАО «Российские Железные Дороги», «Б» – ОАО «Федеральная пассажирская компания», «В» – АО «Экспресс-пригород».

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	А, Б, В	А, Б	Б, В	В
	Средняя	А, Б, В	А, Б	В	В
	Крупная	Б, В	А	В	В

Согласно карте сегментирования можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA–систем для средних и крупных компаний.

##### 3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты (таблица 13). Для оценки эффективности научной разработки сравниваются проектируемая

система АСУ ТП, существующая система управления и проект АСУ ТП сторонней компанией.

Таблица 10 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией	Проект АСУ ТП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней компанией
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Повышение производительности	0,08	5	2	4	0,4	0,16	0,32
Удобство в эксплуатации	0,06	4	2	4	0,24	0,12	0,24
Помехоустойчивость	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Энергоэкономичность	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Надежность	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
Уровень шума	0,02	2	2	2	0,04	0,04	0,04
Безопасность	0,11	5	3	5	0,55	0,33	0,55
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	1	2	1	0,03	0,06	0,03
Простота эксплуатации	0,07	5	3	4	0,35	0,21	0,28
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	0	4	0,2	0	0,2
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	4	0	5	0,08	0	0,1
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	2	3	0,06	0,06	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	1	5	3	0,03	0,15	0,09
Цена	0,07	5	5	1	0,35	0,35	0,07

Продолжение таблицы 13 – Оценочная карта

Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Финансирование научной разработки	0,04	2	2	1	0,08	0,08	0,04
Наличие сертификации разработки	0,04	1	3	5	0,04	0,12	0,2
Итого:	1	60	50	61	3,67	2,67	3,42

Согласно оценочной карте можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: срок эксплуатации выше, цена разработки ниже, повышение производительности и безопасности, качественный интерфейс.

### 3.1.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно–исследовательского проекта. SWOT–анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Сильные стороны:

- С1. кономичность и энергоэффективность проекта;
- С2. Экологичность технологии;
- С3. Более низкая стоимость;
- С4. Наличие бюджетного финансирования;
- С5. Квалифицированный персонал;

Слабые стороны:

- Сл1. Отсутствие прототипа проекта;
- Сл2. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров;
- Сл3. Мало инжиниринговых компаний, способной построить производство под ключ;
- Сл4. Отсутствие необходимого оборудования ;

Сл5. Большой срок поставок используемого оборудования.

Возможности:

В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;

В2. Использование существующего программного обеспечения;

В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт;

В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований;

В5. Повышение стоимости конкурентных разработок;

Угрозы:

У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства;

У2. Развитая конкуренция технологий производства;

У3. Ограничения на экспорт технологии;

У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции;

У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства;

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 14.

Таблица 11 - SWOT-анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	С5	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности	В1	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	В2	+	0	-	0	+	-	-	-	-	-
	В3	+	+	0	0	-	-	-	-	-	-
	В4	0	-	+	0	-	-	-	-	-	-
	В5	+	0	+	0	-	-	-	-	-	-
Угрозы	У1	-	-	-	-	-	+	+	0	0	+
	У2	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0
	У3	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0
	У4	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
	У5	-	-	-	-	-	+	-	-	0	+

## 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В рамках научного исследования составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 15.

Таблица 12 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследования	Подбор и изучение материалов по теме	Студент-дипломник
	Изучение существующих объектов проектирования	Студент-дипломник
	Календарное планирование работ	Руководитель, студент-дипломник
Теоретическое и экспериментальное исследование	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник
	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник
	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент-дипломник
	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, студент-дипломник
Разработка технической документации и проектирование	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Студент-дипломник
	Студент-дипломник	Студент-дипломник
	Составление схемы информационных потоков	Студент-дипломник
	Разработка схемы внешних проводок	Студент-дипломник
	Разработка алгоритмов сбора данных	Студент-дипломник
	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Студент-дипломник
	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Студент-дипломник
	Проектирование SCADA-системы	Студент-дипломник
Оформление отчета	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

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

В таблице 16 приведены расчеты отдельных видов работ.

Таблица 13 – Временные показатели проведения работ

	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t min	t max	t ож			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	5	3,2	1	3,2	5
Изучение существующих объектов проектирования	2	5	3,2	1	3,2	5
Календарное планирование работ	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	1	3	1,8	1	1,8	3
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	2	4	2,8	1	2,8	4
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Оценка эффективности полученных результатов	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Определение целесообразности проведения ОКР	0,5	1	0,7	2	0,35	1
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	1	2	1,4	1	1,4	2
Составление перечня вход/выходных сигналов	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Составление схемы информационных потоков	0,5	1	0,7	1	0,7	1

Продолжение таблицы 16 – Временные показатели проведения работ

Разработка схемы внешних проводок	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов сбора данных	1	3	1,8	1	1,8	3
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	0,5	1	0,7	1	0,7	1
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	4	2,8	1	2,8	4
Проектирование SCADA-системы	2	5	3,2	1	3,2	5
Составление пояснительной записки	1	3	1,8	1	1,8	3

На основе таблицы 16 построим календарный план-график (Приложение Д). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта. В таблице 17 приведен календарный план-график с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 14 – План-график

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ													
		Февраль		Март			Апрель			Май		Июнь			
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1			
Составление и утверждение технического задания	Руководитель														
Подбор и изучение материалов по теме	Студент-дипломник														
Изучение существующих объектов проектирования	Студент-дипломник														
Календарное планирование работ	Руководитель														
	Студент-дипломник														
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник														
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник														



Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 18 приведены материальные затраты. В расчете материальных затрат учитывается транспортные расходы и расходы на установку оборудования в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 15 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.	Затраги на материалы
Контроллер "МЗТА МС8 "	шт.	1	22000 руб.	25300 руб.
Датчики давления "Метран-150CDR"	шт.	4	16500 руб.	75900 руб.
Датчик температуры "Метран-274"	шт.	6	7575 руб.	52267 руб.
Датчик влажности "SIEMENS QFA2071"	шт.	3	12488 руб.	43083 руб.
Датчик качества воздуха "Thermokon LK+CO2"	шт.	1	23533 руб.	27063 руб.
Электропривод BELIMO CM24	шт.	2	11458 руб.	26353 руб.
Итого:				249966 руб.

### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включаются затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования ПЛК фирмы МЗТА. В таблице 19 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
КОНТАР	1	35100 руб.	35100 руб.
Итого:			35100 руб.

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премияльный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Заработная плата основная
Руководитель	15800 руб.	0,3	0,2	1,3	30810 руб.	1547,41 руб.	4 часа	6189,63 руб.
Инженер	7800 руб.	0,3	0,5	1,3	18252 руб.	916,69 руб.	39 часов	35751,00 руб.
Итого:								41940,63 руб.

### 3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают 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 ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{допР}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 6189,63 = 928,44$$

$$З_{\text{допИ}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 35751 = 5362,65$$

### 3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	6189,63 руб.	928,44 руб.
Инженер	35751,00 руб.	5362,65 руб.
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	27,1 %	27,1 %
Итого:	11365,91 руб.	1704,89 руб.

### 3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (249966,00 + 35100,00 + 41940,63 + 6291,09 + 13070,80) \cdot 0,016 = 5541,89$$

Где 0,016 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

### 3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 22.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма
1. Материальные затраты	249966,00 руб.
2. Затраты на специальное оборудование	35100,00 руб.
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	41940,63 руб.
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6291,09 руб.
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13070,17 руб.
6. Накладные расходы	5541,89 руб.
7. Бюджет затрат НИИ	351909,78 руб.

#### **4 Социальная ответственность**

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника отдела оперативно-диспетчерского управления ремонтом, использующего в работе ЭВМ в локомотивном депо.

Целью социальной ответственности является анализ вредных и опасных факторов труда работников и создание мер защиты от этих факторов. В разделе рассматривается требование техники безопасности при проведении работ, охрана труда и промышленной безопасности, охрана окружающей среды и экологической безопасности, которые применяются на данном предприятии.

Модернизация системы микроклимата пассажирского вагона заключается в:

- Выбор аппаратов нижнего и среднего уровня;
- Разработка функциональной схемы автоматизации;
- Создание программы для контроллера;
- Проектировка схем внешних проводок.

Область применения системы микроклимата – пассажирский вагон. Даная система востребована в сфере пассажирских перевозок. Компании, которые заинтересованы в модернизации систем микроклимата являются ОАО «Российские Железные Дороги» и «Федеральная пассажирская компания».

Технологический процесс представляет собой автоматическое управление ремонтом вагонов и ее программное обеспечение в локомотивном депо. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории локомотивного депо.

При этом использовались ЭВМ, периферийное оборудование (мышь, клавиатура, принтер), бумажные документы.

## **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **4.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства**

График трудовой деятельности оператора – сменный. Продолжительность смены – 12 часов. При сменной работе каждая группа работников должна производить работу в течение установленной продолжительности рабочего времени в соответствии с графиком сменности.

Оператор подвергается вредным условиям труда, такими как работа в ночное время и производственный шум.

Ночным временем считается период с 22 часов до 6 часов. Минимальный размер повышенной оплаты труда за работу в ночное время установлен Правительством РФ для всех систем оплаты труда и составляет 20% часовой тарифной ставки за каждый час работы в ночное время. К работе в ночное время не допускаются: беременные женщины; работники, не достигшие возраста восемнадцати лет; женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет; инвалиды; работники, имеющие детей-инвалидов, а также работники, осуществляющие уход за больными членами их семей в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации; матери и отцы, воспитывающие без супруга (супруги) детей в возрасте до пяти лет, а также опекуны детей указанного возраста могут привлекаться к работе в ночное время только с их письменного согласия и при условии, если такая работа не запрещена им по состоянию здоровья в соответствии с медицинским заключением. При этом указанные работники должны быть в письменной форме ознакомлены со своим правом отказаться от работы в ночное время.

Оплата труда в условиях производственного шума производится в повышенном размере, согласно ст. 146 ТК РФ [22]. Постановление Правительством РФ определены минимальные размеры такого повышения – не менее 4% тарифной ставки.

#### **4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Эргономическая безопасность персонального компьютера ТКРФ 197-ФЗ [8] может быть охарактеризована следующими требованиями:

- к визуальным параметрам средств отображения информации индивидуального пользования (мониторы);
- к эмиссионным параметрам ПК – параметрам излучений дисплеев, системных блоков, источников питания и др.

Кроме того, важнейшим условием эргономической безопасности человека при работе перед экраном монитора является СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [4] правильный выбор визуальных параметров самого монитора и светотехнических условий рабочего места.

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [13] площадь рабочего места пользователя ПК с ЭЛТ-дисплеем должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, для ПК с плоским дисплеем - 4,5 м<sup>2</sup>. В помещениях должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы. Шумящее оборудование (печатающие устройства, сканеры, серверы и тому подобные), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне рабочих мест сотрудников.

При размещении рабочих мест расстояние между рабочими столами должно быть не менее 2 метра, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов — не менее 1,2 метра.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования. Высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм, рабочая поверхность стола должна иметь ширину от 800 до 1400 мм и глубину от 800 до 1000 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной — не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула или кресла должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы работника и позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины. Рабочий стул или кресло должны быть подъемно-поворотными, регулируемые по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной поверхности, отделенной от основной столешницы.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм.

## 4.2 Производственная безопасность

### 4.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Работа на персональных электронно-вычислительных машинах относится к категории работ, связанных с опасными и вредными условиями труда. По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические ГОСТ 12.0.003-74 [1]. В связи с тем, что на состояние здоровья работника химические и биологические факторы существенного влияния не оказывают, то рассматриваются лишь две группы факторов.

Таблица 23 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Операторская (записи показаний приборов)	Работа в вагоне (снятие показаний, передислокация вагона)	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [2]
2. Превышение уровня шума		+	Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [3]
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	Освещение – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 [5]
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	Электромагнитное излучение – СанПиН 2.2.4.3359-16 [9]

## 4.2.2 Анализ вредных факторов

### 4.2.2.1 Отклонения показателей микроклимата

Существуют гигиенические требования СанПиН 2.2.4.548-96 [2] к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат. Санитарные нормы и правила предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Определим необходимые параметры микроклимата и воздушной среды для помещения операторной.

Работа оператора относится к категории работ Ia [2], к которой относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 24:

Таблица 24 – Оптимальные параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96

Сезон	Температура воздуха	Температура поверхностей	Относительная влажность	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный (среднесуточная температура меньше 10°C)	(22 - 24) °C	(21 - 25) °C	(60 - 40) %	0.1
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)	(23 - 25) °C	(22 - 26) °C	(60 - 40) %	0.1

Допустимые параметры микроклимата приведены в таблице 25:

Таблица 25 – Допустимые параметры микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96

Сезон	Температура воздуха		Температура поверхностей	Относ. влажность воздуха	Скорость движения воздуха	
	Диапазон ниже опт.	Диапазон выше опт.			Диапазон выше опт.	Диапазон ниже опт.
Холодный	(20,0 – 21,9) °С	(24,1 – 25,0) °С	(19,0 – 26,0) °С	(15 – 75) %	0,1 м/с	0,1 м/с
Теплый	(21,0 – 22,9) °С	(25,1 – 28,0) °С	(20,0 – 29,0) °С	(15 – 75) %	0,1 м/с	0,2 м/с

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: в теплое время года для удаления избыточного тепла и влаги используется кондиционер, в холодное время года вводится система центрального отопления.

#### 4.2.2.2 Повышенный уровень шума

Шум создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум воздействует на органы слуха и на весь организм человека через центральную нервную систему, ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

Шум возникает во время работы оборудования. Источниками постоянного шума в помещении являются: люминесцентные лампы, печатающее устройство, шум различных узлов компьютера: дисководов, винчестеров, вентилятора.

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

### 4.2.2.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

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. Нарушение в организме человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ СанПиН 2.2.4.3359-16 [9] по электрической составляющей приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах по СанПиН 2.2.4.1191-03

Наименование параметров	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2.5 В/м

Продолжение таблицы 26 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах по СанПиН 2.2.4.1191-03

Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее (60 – 70) см;
- весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

#### **4.2.2.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Недостаточное освещение рабочего места и помещения является вредным фактором для здоровья человека, вызывающим ухудшение зрения. Неудовлетворительное освещение может, кроме того, являться причиной травматизма. Неправильная эксплуатация, также, как и ошибки, допущенные при проектировании и устройстве осветительных установок, могут привести к пожару, несчастным случаям. При таком освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых ошибок по СП 52.13330.2011 [5].

Рабочая зона или рабочее место оператора освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет (0.5 – 1) мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности по СП 52.13330.2011 [5] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещённости для работы за ПК приведено в таблице 27:

Таблица 27 – Нормирование освещенности для работы с ПК по СП 52.13330.2011

Характеристики зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Подряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения	Цилиндрическая освещённость	Объединённый показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещённости К <sub>п</sub>	КЕО, при	
									верхнем или комбинированном	боковом
Высокой точности	От 0,3 до 0,5 мм	Б	1	Не менее 70 %	300 лк	100 лк	21 18	15 %	3,0 %	1,0 %
			2	Менее 70 %	200 лк	75 лк	24 18	20% 15%	2,5 %	0,7 %

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК по СП 52.13330.2011

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк

Продолжение таблицы 28 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК по СП 52.13330.2011

Блики на экране	не выше 40 кд/м <sup>2</sup>
Прямая блескость источника света	200 кд/м <sup>2</sup>
Показатель ослеплённости	не более 20 лк
Показатель дискомфорта	не более 15 лк
между рабочими поверхностями	3:1–5:1
между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5 %

#### 4.2.3 Мероприятия по защите от вредных и опасных факторов

Характерной при работе с ЭВМ является такая физическая перегрузка, как длительное статическое напряжение мышц. Оно обусловлено вынужденным продолжительным сидением в одной и той же позе, часто неудобной, необходимостью постоянного наблюдения за экраном (напрягаются мышцы шеи, ухудшается мозговое кровообращение), набором большого количества знаков за рабочую смену (статическое перенапряжение мышц плечевого пояса и рук). При этом возникает также локальная динамическая перегрузка пальцев и кистей рук. Статическим перенапряжениям мышц способствуют неудовлетворительные эргономические параметры рабочего места и его компонентов (отсутствие подлокотников, подпитра, подставки для ног), отсутствие возможности регулировки параметров рабочего стула, высоты рабочей поверхности стола, неудобное расположение клавиатуры и дисплея, отсутствие регламентированных перерывов, невыполнение специальных упражнений для снятия напряжения и расслабления мышечных групп плечевого пояса, рук, шеи, спины, улучшения кровообращения.

Указанные факторы представляют достаточно широкий спектр физических и психофизических факторов, часть из которых по своему

воздействию имеет разовый характер (электрический ток, пожарная опасность). Большинство же факторов постоянно воздействуют на всех без исключения пользователей ЭВМ. Эти факторы могут оказывать как прямое, так и сложным образом посредственное воздействие на пользователя, негативные последствия которого проявляются как практически сразу, так и постепенно, с течением времени. Многие факторы, кажущиеся несущественными, при систематическом воздействии могут приводить к существенному снижению работоспособности и ухудшению здоровья пользователя.

Для противодействия опасным и вредным факторам организм использует адаптационно-компенсаторные реакции своих функциональных систем, затрачивая при этом жизненную энергию. Однако резервы организма и его возможности ограничены. Поэтому вводят ограничения на диапазоны значений параметров отдельных факторов.

Для уменьшения негативных последствий работы с ЭВМ следует выбирать рациональные режимы труда и отдыха, использовать защитные средства, осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия (специальные упражнения, витаминизация, медицинский контроль). Безопасные условия труда на ЭВМ регламентируют СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[4] «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы». Ответственность за выполнение настоящих правил возлагается на юридических и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих разработку, производство и эксплуатацию ЭВМ, занимающихся проектированием и реконструкцией помещений, предназначенных для работы с ПЭВМ.

## **4.3 Экологическая безопасность**

### **4.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду**

При остановке поездов на полотно пути выбрасывается окалина от тормозных колодок. На 1 км пути на железнодорожном полотне образуется до 400 кг металлосодержащей пыли и окалины, главным образом, из-за стирания тормозных колодок. Наибольшее содержание такой пыли наблюдается на пригородных железнодорожных станциях.

### **4.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду**

Сложный комплекс опасных вредных веществ выделяется в воздух при окраске пассажирского вагона (толуол, ксилол, красочный аэрозоль). Содержание их при пульверизационном способе окраски превышает допустимые нормы. В процессе сварочных и наплавочных работ выделяются окислы марганца и железа, окись углерода, фтористые соединения. При этом загрязнение воздушной среды теми или иными веществами зависит от типа обмазки применяемых электродов. Наименьшее загрязнение наблюдается при автоматической сварке под флюсом и электрошлаковой сварке. Если происходит переработка полимеров, то в воздухе обнаруживается сложный комплекс газообразных химических веществ: окись углерода, хлорорганические соединения, хлористый водород, непредельные углеводороды, цианистый водород, органические кислоты, эфиры, ароматические углеводороды (толуол, стирол, этилбензол, параксилол, а также фенол, ацетон и др.). При механической обработке пластмасс выделяется пыль.

### **4.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Наиважнейшими мероприятиями по борьбе с загрязнением атмосферы от вредных веществ являются мероприятия по уменьшению их выделения. Этому служит механизация и автоматизация производственных процессов, уплотнение, герметизация и вакуумизация оборудования, создание поточных и непрерывных технологических линий, замена вредных веществ менее вредными, а твердого топлива газообразным.

Очищение промышленных выбросов в атмосферу на современных предприятиях является составной частью технологического процесса. Цель ее предотвращение загрязнения атмосферного шара, удаление вредной пыли из технологического выброса, уменьшение механического износа оборудования из-за образования пыли.

Современной основой повышения экологичности транспорта становится энергосберегающая и безотходная технология.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации – пожар.

##### **4.4.1 Причины пожара в вагоне**

Пожар в вагоне может возникнуть вследствие:

- несвоевременного срабатывания защиты;
- нагрева проводов и резисторов выше допустимых температур; действия электрической дуги при неисправном дугогасящем устройстве аппаратов или появления кругового огня по коллекторам электрических машин;
- попадания искр на горючие части;

- неисправность и нарушение правил эксплуатации электрооборудования;
- нагревания легковоспламеняющихся материалов;
- несоблюдение правил пожарной безопасности обслуживающим персоналом;
- самовозгорание горючих веществ.

#### **4.4.2 Обеспечение безопасности**

Пожарная безопасность в вагоне должна обеспечиваться за счет:

- необходимо проверять состояние защитной аппаратуры, контактов и проводов (на доступных обзор участка), своевременно устраняя повреждения изоляции;
- вводы кабелей, силовых проводов и проводов цепей управления в электрические аппараты, переходные коробки, рейки зажимов должны иметь втулки и уплотнения.

Локомотивное депо должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения в соответствии с действующими нормами, указанными в ГОСТ 34394-2018. На территории локомотивного депо должны быть установлены знаки пожарной безопасности для обозначения места расположения пожарного инвентаря, оборудования, гидрантов, колодцев и т.д., проходов к нему, а также для обозначения запретов на действия, нарушающие пожарную безопасность.

#### **4.4.3 Мероприятия по ликвидации пожара**

Действия при возникновении пожара в вагоне:

1. Необходимо обесточить вагон (в светлое время суток), а в ночное время отключить все потребители, систему вентиляции, кроме цепи

аварийного освещения, привести в закрытое положение противопожарную заслонку.

2. Подать сигнал пожарной тревоги (один длинный, два коротких) и сообщить о пожаре дежурному по депо;

3. Убедиться, что отсутствует напряжение в цепях управления;

4. Приступить к тушению пожара, используя имеющиеся огнетушители и сухой песок;

5. До получения разрешения о снятия напряжения в контактной сети, запрещается приближаться к проводам и другим частям контактной сети и воздушных линий на расстояние менее два метра, а к оборванным проводам контактной сети на расстояние менее восьми метров до их заземления;

6. До снятия напряжения в контактной сети тушение крыши и стенок вагона, находящихся на расстоянии менее два метра от контактной сети, разрешается производить только углекислотными, аэрозольными и порошковыми огнетушителями, не приближаясь к проводам контактной сети ближе двух метров;

7. Использование воды, химических, пенных или воздушно-пенных огнетушителей разрешается только после снятия напряжения и заземления контактной сети;

8. Тушение горящих материалов, расположенных на расстоянии более семи метров от контактной сети, находящейся под напряжением, допускается любыми средствами пожаротушения без снятия напряжения. При этом необходимо следить, чтобы струя воды или пенного раствора не приближалась к контактной сети на расстоянии менее два метра;

9. После ликвидации пожара, подача напряжения в вагон, где имеется повреждение электроаппаратов и проводов, запрещается.

## **Заключение**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была модернизирована автоматизированная система управления с тестированием электроавтоматики системы микроклимата пассажирского вагона с удовлетворяющим требованием технического задания.

В ходе выполнения работы были изучены особенности технологического процесса системы микроклимата пассажирского вагона, разработаны структурная, функциональная схемы автоматизации, схемы соединений внешних проводок. Также, был разработан план расположения оборудования и проводок. Кроме того, был осуществлен выбор комплекса аппаратно-технических средств. Помимо этого, были разработаны и программно-реализованы алгоритмы управления отдельными процессами технологического процесса.

Так же было выполнено технико-экономическое обоснование проекта, и рассмотрены вопросы экологической безопасности, производственной санитарии и других условий труда.

Таким образом, в результате выполнения выпускной квалификационной работы была обеспечена модернизация системы микроклимата пассажирского вагона.

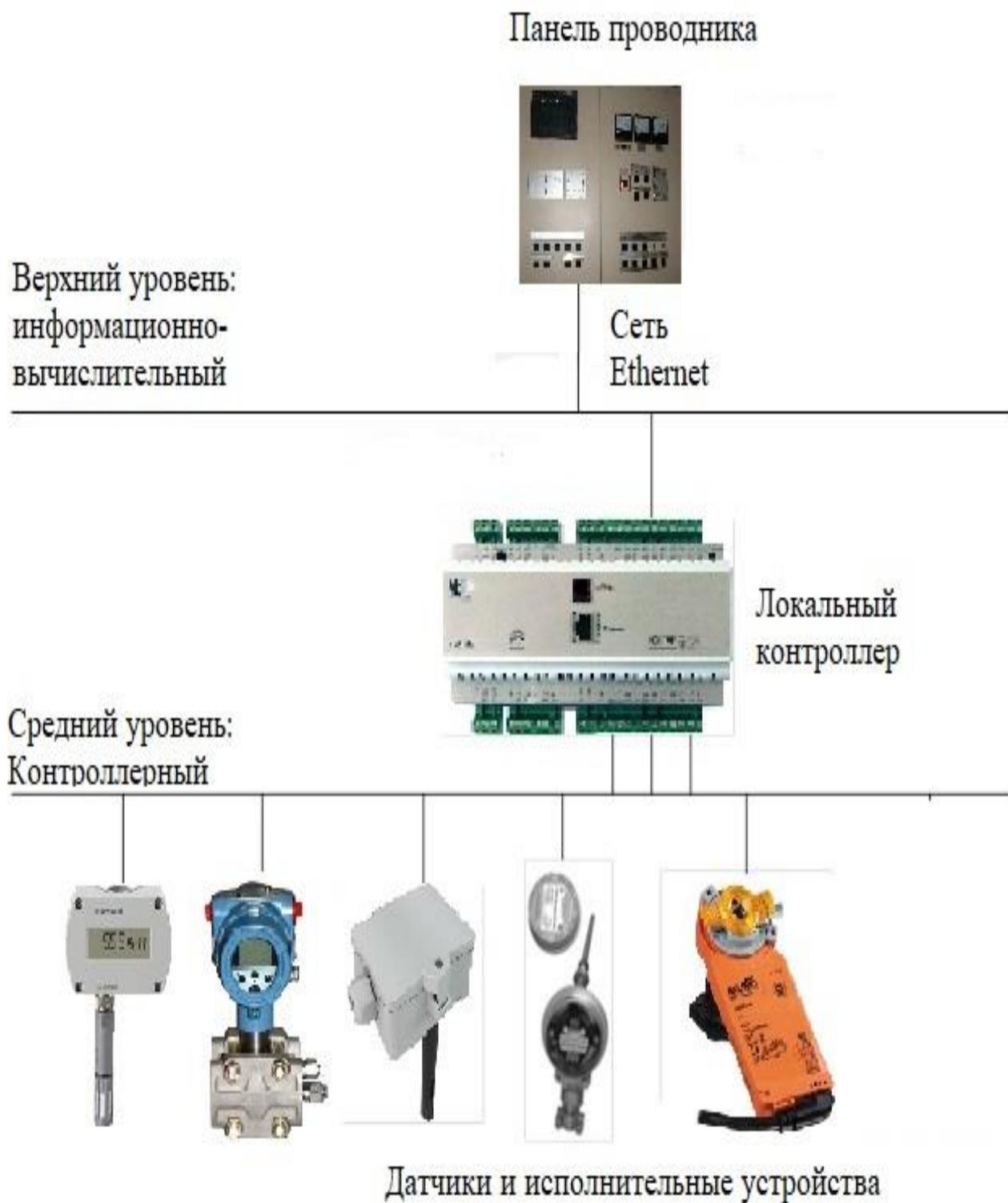
## Список использованных источников

1. Громаков Е. И. Проектирование автоматизированных систем: учебно-методическое пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 173 с.
2. Клюев А. С., Глазов Б. В., Дубровский А. Х., Клюев А. А.; под ред. А. С. Клюева. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Шкляр В. Н. Надежность систем управления: учебное пособие. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. – 126 с.
4. Технологический регламент ТР 09-70-2012. – Томск, 2012. – 89 с.
5. ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP). – М.: Стандартинформ, 2007.
6. ГОСТ 21.408 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Стандартинформ, 2014.
7. ГОСТ 8.631-2013 (OIML R 60:2000) Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики весоизмерительные. Общие технические требования. Методы испытаний (Metrological regulation for load cells). – М.: Стандартинформ, 2014.
8. РМГ 62-2003 Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешностей измерений при ограниченной исходной информации. – М.: Стандартинформ, 2008.
9. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. – М.: Стандартинформ, 2010.

10. ГОСТ Р МЭК 61508-6-2012 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3. – М.: Стандартинформ, 2014.
11. IP (степень защиты оболочки) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/IP\\_\(степень\\_защиты\\_оболочки\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/IP_(степень_защиты_оболочки)), свободный.
12. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы»;
13. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»;
15. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
16. СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
17. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
18. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
19. ППБ 01–93 «Правила пожарной безопасности Российской Федерации».
20. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
21. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Приложение А  
(обязательное)

Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств



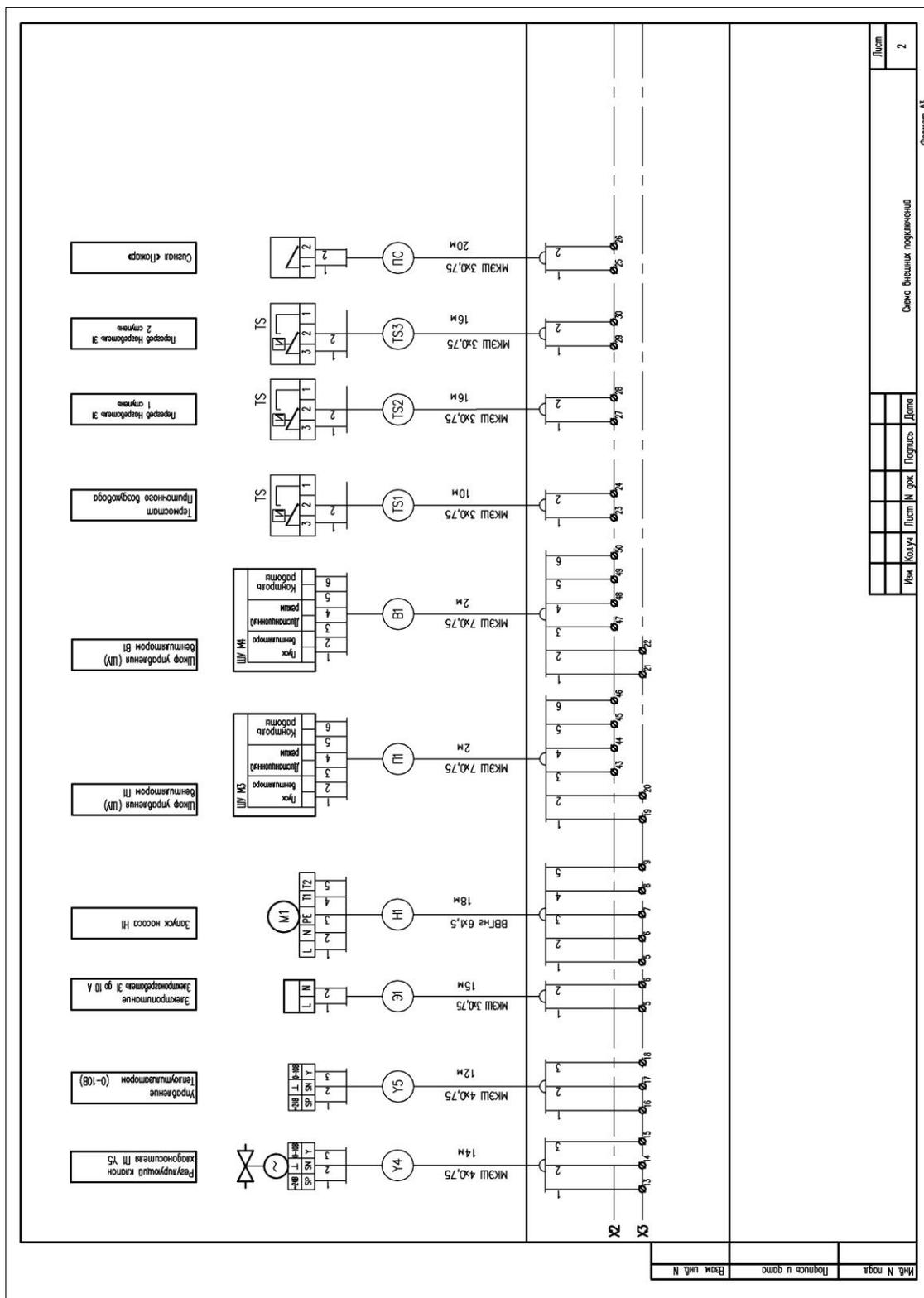




# Приложение Г

(обязательное)

## Схема внешних проводок лист 2



Лист	2
Схема внешних проводок	
Имя	Иванов
Лист	№ 001
Листов	1
Дата	10.05.2010

Формат А3

Имя	Иванов
Лист	№ 001
Листов	1
Дата	10.05.2010

## Приложение Д

(справочное)

### План-график

Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ												
		Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1		
Составление и утверждение технического задания	Руководитель													
Подбор и изучение материалов по теме	Студент-дипломник													
Изучение существующих объектов проектирования	Студент-дипломник													
Календарное планирование работ	Руководитель													
	Студент-дипломник													
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент-дипломник													
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент-дипломник													
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент-дипломник													
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель													
	Студент-дипломник													
Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель													
	Студент-дипломник													
Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Студент-дипломник													
Составление перечня вход/выходных сигналов	Студент-дипломник													
Составление схемы информационных потоков	Студент-дипломник													
Разработка схемы внешних проводок	Студент-дипломник													
Разработка алгоритмов сбора данных	Студент-дипломник													
Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Студент-дипломник													
Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Студент-дипломник													
Проектирование SCADA-системы	Студент-дипломник													
Составление пояснительной записки	Студент-дипломник													