

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики  
 Направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах  
 Кафедра Автоматики и Компьютерных Систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Система автоматического регулирования температуры в производственном помещении. УДК 681.52:536.5:628.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8A21	Буран Павел Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АИКС	Яковлева Елена Максимовна	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Рахимов Тимур Рустамович	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С..	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в технических системах  
 Кафедра автоматике и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой АИКС  
 \_\_\_\_\_ Суходоев М. С.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

<b>бакалаврской работы</b>
----------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8A21	Буран Павел Сергеевич

Тема работы:

Система автоматического регулирования температуры в производственном помещении.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: Система автоматического регулирования температуры воздушного отопительного агрегата.                      Режим работы – круглосуточный, круглогодичный.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Разработка структурной схемы САР                      Разработка функциональной схемы автоматизации                      Выбор средств реализации                      Разработка алгоритмов управления</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Структурная схема САР                      Функциональная схема САР</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8A21	Буран Павел Сергеевич

Институт	ИнЭО	Кафедра	АИКС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	27.03.04«Управление в технических системах»

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

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

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	По FAST-анализу определены наименее значимые функции, обосновано их использование.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет заработной платы исполнителей и отчислений во внебюджетные фонды. Расчет материальных затрат.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Стратегия развития по SWOT-анализу: разработка алгоритмов автоматизации; повышение показателей надежности.

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

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

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рахимов Тимур Рустамович	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8A21	Буран Павел Сергеевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8A21	Буран Павел Сергеевич

<b>Институт</b>	<b>ИнЭО</b>	<b>Кафедра</b>	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	27.03.04 «Управление в технических системах»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочее место: вентиляционная камера: 1 отопительный воздушный агрегат, 2 человека. Характеристика помещения: площадь – 15 м<sup>2</sup>, высота – 3,5 м. Вредные и опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– повышенный уровень вибрации;</li> <li>– повышенное электромагнитное поле;</li> <li>– повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> </ul> <p>;</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>СанПиН 2.2.2.540–96 Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ.</p>

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– воздействие опасных и вредных факторов на организм человека;</li> <li>– определение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ).</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Анализ выявленных опасных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (статическое электричество, электричество – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> </ul>	<p>Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение потребления электроэнергии;</li> <li>- утилизация производственных отходов;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	Ссылки на НТД по охране окружающей среды.
<p><b>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<p><b>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	План эвакуации людей при пожаре

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры БЖД	Извеков В. Н.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8А21	Буран Павел Сергеевич		

**Приложение Г.2  
(обязательное)**

**Образец графика выполнения ВКР  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИнЭО  
Направление подготовки (специальность) 27.03.04 «Управление и информатика в технических системах»  
Уровень образования \_\_\_\_\_  
Кафедра АиКС  
Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2017 г	Основная часть	60
30.05.2017 г	Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность	20
30.05.2017 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Яковлева Е.М.	к.т.н		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н		

**Приложение Ж  
(обязательное)**

**Образец реферата к ВКР**

**РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа 101 с., 16 рис., 26 табл.,  
16 источников, 2 прил.

Ключевые слова: Система автоматического регулирования, САР, регулирование температуры, отопление, воздушное отопление

Объектом исследования является (ются) Система автоматического регулирования температуры воздушного отопительного агрегата

Цель работы – Оснащение воздушного отопительного агрегата системой автоматического управления

В процессе исследования проводились Анализ работы САУ вентиляционных систем, анализ построения САР температуры вентиляционных систем

В результате исследования Была разработана структурная и функциональная схемы САР температуры отопительного агрегата, а также алгоритм управления САР

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики Время регулирования процесса- ,перерегулирование-

Степень внедрения: \_\_\_\_\_

Область применения: Системы воздушного отопления

Экономическая эффективность/значимость работы Стоимость проекта 1 643 тыс. руб. Индекс доходности – 2.73, Внутренняя ставка доходности – 0,86

В будущем планируется разработать систему автоматического регулирования на отечественных комплектующих что сократит затраты на стоимость комплекта оборудования.

## Оглавление

Список используемых обозначений и сокращений .....	8
ВВЕДЕНИЕ .....	9
1 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САУ ВЕНТИЛЯЦИИ .....	11
1.1 Технологический процесс в качестве объекта управления.....	11
1.2 Оборудование технологического процесса.....	13
1.3 Постановка общей задачи управления технологическим процессом .....	16
1.3.1 Контроль и регистрация параметров.....	17
1.3.2 Оперативное и программное обеспечение .....	17
1.3.3 Защитные функции и блокировки.....	19
1.3.3.1 Защита от замерзания.....	19
1.3.3.2 Защита технологической аппаратуры и электрооборудования.....	20
1.3.4 Регулирующие функции.САР температуры.....	22
1.4 Выбор принципиальных технических решений .....	23
1.5 Разработка технического задания .....	24
1.6 Математическое описание объекта регулирования .....	24
1.7 Выбор и расчет регулятора .....	29
2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ .....	32
2.1 Основные цели и задачи САР .....	32
2.1 Назначение САР.....	32
2.3 Требования к автоматике САР.....	33
2.4 Требования к техническому обеспечению.....	33
2.5 Требования к метрологическому обеспечению .....	34
3 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ .....	36
3.1 Описание технологического процесса.....	36
3.2 Функциональная схема автоматизации.....	38
3.3 Структурная схема.....	39
3.4 Выбор комплекса-аппаратно технических средств.....	39
3.4.1 Выбор датчика температуры.....	40



3.4.2 Выбор контроллерного оборудования .....	43
3.4.3 Выбор воздухонагревателя .....	46
3.4.4 Разработка схемы внешних проводок.....	48
3.4.6 Разработка алгоритмов.....	49
3.4.7 Построение САР.Оценка устойчивости.....	50
<b>4 ФИНАСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....</b>	<b>55</b>
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.....	55
4.1.1 Портрет потенциального потребителя .....	55
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	55
4.1.3 SWOT Анализ .....	57
4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований. 60	
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	62
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	62
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	62
4.4 Бюджет научно-технической разработки.....	66
4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	66
4.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	67
4.4.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	70
4.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	70
4.4.4. Накладные расходы.....	71
4.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	72
4.5 Определение ресурсной финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
<b>6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>75</b>
Аннотация .....	75
Введение.....	75
5.1 Производственная безопасность.....	76
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов .....	76

5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования .....	77
5.1.3 Основные мероприятия по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов .....	78
5.1.3.1 Микроклимат.....	78
5.1.3.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света. ....	80
5.1.3.3 Повышенный уровень шума.....	81
5.1.3.3 Электромагнитное излучение.....	83
5.1.3.4 Электрический ток. ....	85
5.2. Экологическая безопасность.....	86
5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	87
5.2.2. Анализ влияния процесса эксплуатации на окружающую среду.....	87
5.2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды. ....	87
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. ....	88
5.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности. ....	90
5.4.1 Эргономические требования к рабочему месту .....	90
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения .....	91
5.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений ....	91
5.4.2 Заключение с работниками коллективного договора. ....	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	101
CONCLUSION.....	100
Список использованной литературы.....	102

Список используемых сокращений.

<b>Сокращение</b>	<b>Расшифровка</b>
САУ	Система автоматического управления
САР	Система автоматического регулирования
СКВ	Система кондиционирования и вентиляции
КПД	Коэффициент полезного действия
ТЭН	Тепловой электронагреватель
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
НПА ОП	Нормативно правовые акты по охране труда
ПИБ	Правила пожарной безопасности
УС	Устройство сравнения
ОУ	Объект управления
ТРВ	Терморегулируемый вентиль

## ВВЕДЕНИЕ.

Одним из основных требований, предъявляемых человеком к любому помещению является тепловой комфорт, поэтому проблема отопления (и в соответствующих случаях — охлаждения) всегда возникает при проектировании и эксплуатации зданий, где предполагается более или менее длительное пребывание людей.

В условиях России проблема отопления помещения стоит настолько остро, что ее решение зачастую диктует выбор места нового строительства (близость источника тепла, наличие коммуникаций), типа строения, используемых материалов. Особая острота проблемы ощущается при необходимости отопить помещения больших объемов. Здесь традиционные системы отопления с водяным теплоносителем оказываются бессильными. Они не могут быстро и равномерно прогреть весь объем и поддерживать в нем температуру на заданном уровне.

В этом случае гораздо более эффективными оказываются системы с применением отопительно–вентиляционных аппаратов, в которых воздух подогревается калорифером, а затем подается в обогреваемые зоны. При этом появляется возможность автоматического регулирования расхода воздуха и мощности обогрева. Таким образом, отопительно–вентиляционные аппараты могут быстро прогреть большой объем воздуха, и поддерживать затем температуру по заданному параметру.

Целью проекта является проведение реконструкции систем отопления и оснащение воздушного отопительного агрегата системой автоматического регулирования температуры на предприятии «ООО Ямса» города Красноярска, расположенного по адресу Телевизорная 1.

Данное помещение являлось до момента реконструкции складским, с системой центрального отопления. Одним из недостатков данного отопления является недостаточная теплоотдача и неспособность систем отопления

реагировать на периодические перепады температуры на улице особенно в межсезонье. Кроме того, отсутствует необходимость поддерживать комфортную температуру в круглосуточном режиме.

Основными достоинствами систем воздушного отопления является:

- При воздушном обогреве отсутствуют радиаторы и трубы, роль которых играют воздуховоды.
- При воздушном обогреве получают более высокий уровень КПД по сравнению с другими отопительными системами. Воздух нагревается равномерно, по всему объему помещения, и по высоте помещения.
- Воздушную отопительную систему возможно совмещать с системой приточной вентиляции и кондиционирования, что позволит получить чистый воздух вместе с нагревом.
- При совмещении с вентиляцией происходит регулярная смена и очистка воздуха, что благотворно сказывается на самочувствии и работоспособности сотрудников

С целью экономии финансовых средств, как правило выбирается комбинированное воздушное производственное отопление, которое состоит из естественного и механического побуждения воздуха. Под словом «естественное» подразумевается забор уже теплого воздуха из окружающей среды (теплый воздух имеется повсюду, даже когда на улице  $-20^{\circ}\text{C}$ ). Механическое побуждение – это когда воздуховод забирает из окружающей среды холодный воздух, нагревает его и подает в помещение.

Для обогрева большой площади воздушные системы отопления производственных помещений, пожалуй, являются наиболее рациональным вариантом.

## 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ САР ВЕНТИЛЯЦИИ.

### 1.1. Технологический процесс в качестве объекта управления.

Главной составляющей всех современных систем кондиционирования и вентиляции (СКВ) являются средства и системы автоматики. Они реализуют различные функции управления, которые должны с одной стороны обеспечить поддержание требуемого микроклимата в обслуживаемом помещении, а с другой – экономичную и надежную работу технологического оборудования. Диапазон функций управления, выполняемых системами автоматики по количеству и сложности реализации довольно широк: от простого включения – выключения до централизованного управления климатическим или всем инженерным оборудованием здания [1].

Функции управления систем кондиционирования и вентиляции как правило, реализуются на уровне отдельных установок с помощью систем автоматического управления (САУ). САУ – это представляет собой систему из объекта управления (управляемого технологического процесса) и управляющих устройств, взаимодействие которых обуславливает автоматическое течение процесса по заданной программе. Под технологическим процессом при этом понимают последовательность действий, выполнить которые необходимо, для получения готового продукта из исходного сырья. В контексте СКВ под готовым продуктом подразумевается воздух в обслуживаемом помещении с начальными заданными параметрами (в контексте данной работы-температура), а под сырьем подразумевается наружный и вытяжной воздух, электроэнергия, теплоносители и другие.

В основу функционирования систем автоматического управления СКВ, как и любой системы автоматического управления, положен принцип обратной связи: получение управляющих воздействий основываясь на информации об объекте, полученной с помощью датчиков, находящихся на объекте и считывающих информацию с него.

Каждая конкретная САУ разрабатывается исходя из заданной технологии обработки входного потока воздуха. Это могут быть простые вентиляционные системы или центральные кондиционеры в сочетании с автономными устройствами (осушители, автономные кондиционеры, увлажнители).

При применении автономных устройств или комплектных технологических установок обработки воздуха САУ поставляются уже встроенными в оборудование и уже заложенными определенными функциями управления, которые обычно подробно описываются в технической документации. В этом случае наладка, сервисное обслуживание и эксплуатация таких систем управления должны производиться в точном соответствии с указанной документацией.

Если САУ требует разработки для конкретной технологической схемы и оборудования с интегрированием в него средств автоматики других фирм – производителей, то определение оптимальной программы и конкретных функций управления должно вестись совместно специалистами по кондиционированию и вентиляции и специалистами по автоматизации. При таком подходе учитываются как требования к системе автоматизации, так и к автоматизируемому объекту.

В качестве средств управления современные САУ используют обычно электронные цифровые устройства на базе микропроцессоров. По своим техническим функциональным возможностям эти устройства позволяют обеспечивать одновременное управление большим количеством параметров. Это пуск и остановка как всей системы так и отдельных технологических блоков, защита и блокировка в аварийных ситуациях, индикация, различные переходы с режима на режим и так далее. Устройства которые комплексно решают функции управления и регулирования, называют управляющими контроллерами. Их использование во многом исключает необходимость применений таких элементов автоматики, как индикаторы, счетчики, преобразователи, переключатели, измерительные приборы и тому подобное. Такая универсальность позволяет:

- увеличить точность поддержания регулирующих параметров и надежность работы системы;
- сэкономить на габаритах оборудования;
- значительно сократить сроки монтажа за счет его упрощения;
- упростить эксплуатацию всей системы.

Так же возможно в ряде случаев, по вышеуказанным причинам, возможно снизить фактическую стоимость оборудования автоматизации, учитывая капитальные и эксплуатационные затраты.

## **1.2. Оборудование технологического процесса**

Рассмотрим наиболее сложную систему механической вентиляции по ее составу, разбив ее на отдельные узлы.

Воздухозабор – представляет из себя декоративную решетку обеспечивающую предотвращение попадания в систему осадков и сторонних предметов. Декоративно могут быть исполнены в любой форме.

Воздушная заслонка находится между воздухозабором и приточной системой – необходима чтобы в холодное время года в случае отключения вентиляционной системы обогрева, преградить путь холодному воздуху в помещение, и в саму установку. Существуют заслонки оборудованные электроприводом и ручные. В случае если установлен электропривод то заслонку также можно включить в единую систему управления вентиляции. Алгоритм ее работы простой и заключается в том что при включении вентиляционной установки клапан открывается и наоборот, при обесточивании системы заслонка закрывается.

Фильтр – требуется для защиты от попадания частиц грязи и насекомых как в помещение, так и в саму установку. Исходя из данного назначения фильтры представляют собой элементы грубой очистки. В случае если производство требует стерильности то его дополняют фильтром тонкой очистки. Роль фильтрующего элемента выполняет акриловая ткань.



Датчик перепада давления – его роль выполняет обыкновенный дифманометр. Его включают по обе стороны от фильтра, и измеряя перепад давления можно контролировать степень загрязнения фильтрующего элемента

Калорифер или воздухонагреватель предназначен для подогрева подаваемого с улицы воздуха в зимний период. Калорифер может быть водяным или электрическим. Для небольших приточных установок выгоднее использовать электрические калориферы, поскольку установка такой системы требует меньших затрат. Для большого количества помещений желательно использовать водяные нагреватели, иначе затраты на электроэнергию окажутся очень большими. Существует способ в несколько раз снизить затраты на подогрев поступающего воздуха. Для этого используется рекуператор – устройство, в котором холодный приточный воздух нагревается за счет теплообмена с удаляемым теплым воздухом. Разумеется, воздушные потоки при этом не смешиваются.

Нагреватель – необходим для прогрева заборного воздуха в холодное время года. Устанавливается внутрь приточной системы в канал прохода воздуха. Возможно исполнение нагревателя в виде водяного радиатора, а также в виде электрического нагревательного элемента. В случае если объем обогреваемого помещения является большим, то принято применять водяные радиаторы что экономит на расходах электричества.

Вентилятор – основа любой системы искусственной вентиляции. Он подбирается с учетом двух основных параметров: производительности, то есть количества прокачиваемого воздуха и полного давления. По конструктивному исполнению вентиляторы разделяются на осевые (пример – бытовые вентиляторы "на ножке") и радиальные или центробежные ("беличье колесо"). Осевые вентиляторы обеспечивают хорошую производительность, однако характеризуются низким полным давлением, то есть, если на пути воздушного потока встречается препятствие (длинный воздуховод с поворотами, решетка и тому подобное), то скорость потока существенно уменьшается. Поэтому в системах вентиляции с разветвленной сетью воздуховодов применяют

радиальные вентиляторы, отличающиеся высоким давлением созданного воздушного потока. Другими важными характеристиками вентиляторов является уровень шума и габариты. Эти параметры в большой степени зависят от марки оборудования.

Шумоглушитель – поскольку вентилятор является источником шума, после него обязательно устанавливают шумоглушитель, чтобы предотвратить распространение шума по воздуховодам. Основным источником шума при работе вентилятора являются турбулентные завихрения воздуха на его лопастях, то есть аэродинамические шумы. Для снижения этих шумов используется звукопоглощающий материал определенной толщины, которым облицовываются одна или несколько стенок шумоглушителя. В качестве звукопоглощающего материала обычно используют минеральную вату, стекловолно и тому подобное.

Воздуховоды – после выхода из шумоглушителя обработанный воздушный поток готов к распределению по помещениям. Для этих целей используются воздухопроводная сеть, состоящая из воздуховодов и фасонных изделий (тройников, поворотов, переходников). Основными характеристиками воздуховодов являются площадь сечения, форма (круглая или прямоугольная) и жесткость (бывают жесткие, полугибкие и гибкие воздуховоды).

Скорость потока в воздуховоде не должна превышать определенного значения, иначе воздуховод станет источником шума. Поэтому площадью сечения воздуховода определяется объем прокачиваемого воздуха, то есть размер воздуховодов подбирается исходя из расчетного значения воздухообмена и максимально допустимой скорости воздуха.

Жесткие воздуховоды изготавливаются из оцинкованной жести и могут иметь круглую или прямоугольную форму. Полугибкие и гибкие воздуховоды имеют круглую форму и изготавливаются из многослойной алюминиевой фольги. Круглую форму таким воздуховодам придает каркас из свитой в спираль стальной проволоки. Такая конструкция удобна тем, что воздуховоды при транспортировке и монтаже можно складывать "гармошкой". Недостатком

гибких воздуховодов является высокое аэродинамическое сопротивление, вызванное неровной внутренней поверхностью, поэтому их используют только на участках небольшой протяженности.

Распределители воздуха – через них воздух из воздуховода попадает в помещение. Как правило, в качестве воздухораспределителей используют решетки (круглые или прямоугольные, настенные или потолочные) или диффузоры (плафоны). Помимо декоративных функций, воздухораспределители служат для равномерного рассеивания воздушного потока по помещению, а также для индивидуальной регулировки воздушного потока, направляемого из воздухораспределительной сети в каждое помещение. Системы регулировки и автоматики – последним элементом вентиляционной системы является электрический щит, в котором обычно монтируют систему управления вентиляцией. В простейшем случае система управления состоит только из выключателя с индикатором, позволяющего включать и выключать вентилятор. Однако чаще всего используют систему управления с элементами автоматики, которая включает калорифер при понижении температуры приточного воздуха, следит за чистотой фильтра, управляет воздушным клапаном и так далее. В качестве датчиков для системы управления используют термостаты, гигростаты, датчики давления и тому подобное.

### **1.3. Постановка общей задачи управления технологическим процессом**

Управляющие функции можно условно разделить на две категории. Первая объединяет функции управления, определяемые технологией и оборудованием обработки воздуха. Вторая – дополнительные функции, которые большей частью являются сервисными.

Технологические функции управления СКВ практически неизменны, то есть являются типовыми и различаются в основном способом реализации, а, следовательно, качеством и надежностью работы. Большинство этих функций определяется требованиями, предъявляемыми к САУ нормативными документами (СНиП, ПУЭ, ГОСТ и другие) [2, 3].

В общем виде основные технологические функции управления СКВ могут быть разделены на следующие группы:

- контроль и регистрация параметров;
- оперативное и программное управление;
- функции защиты и блокировки;
- регулирующие функции.

#### *1.3.1 Контроль и регистрация параметров*

Обязательными параметрами контроля [3 (п.9.7.)] являются:

- температура и давление в общих подающем и обратном трубопроводах и на выходе каждого теплообменника;
- температура воздуха наружного, рециркуляционного и приточного после теплообменника, а также температура и относительная влажность (при ее регулировании) в помещении в системах кондиционирования.

Другие параметры в системах вентиляции и кондиционирования контролируются по требованию технических условий на оборудование или по условию эксплуатации.

Дистанционный контроль используют для измерения основных параметров технологического процесса или параметров, задействованных в реализации других функций управления. Его проводят с помощью датчиков и измерительных преобразователей и при необходимости выводят на экран.

Для измерения других параметров обычно используют местные (переносные или стационарные) приборы – показывающие термометры, манометры или термоманометры.

Отсутствие, а вернее замена дистанционных приборов местными, вовсе не отвергает существование обратной связи, просто в данном случае ее осуществляет оператор.

Регистрировать основные параметры необходимо только если это предусматривается технологическими требованиями.

#### *1.3.2 Оперативное и программное управление*

Для корректного пуска системы необходимо выполнить следующую очередность задач одновременно учитывая следующие условия:

А) Открыть все воздушные заслонки до момента запуска вентиляторов. Открытие заслонок производится для того чтобы не повредить их так как не все заслонки могут выдерживать перепад давления, которое создаст вентилятор при пуске. Одновременно с пуском открытие заслонок также не проводится так как время приходящееся на такт открытия иногда доходит до 2 минут.

Б) Разнос по времени запуска электродвигателей вентиляторов. Это необходимо для того чтобы не создать просадку напряжения в питающей сети, так как пусковые токи некоторых вентиляторов могут достигать значения более сотни ампер. В создавшейся ситуации вентиляторы как минимум могут не запуститься, либо сработает аварийная защита по электропитанию.

В) Предварительный прогрев калорифера. Если включить кондиционер, не прогрев водяной калорифер, то при низкой температуре наружного воздуха может сработать защита от замораживания. Поэтому при включении кондиционера необходимо открыть заслонки приточного воздуха, открыть трехходовой клапан водяного калорифера и прогреть калорифер. Как правило, эта функция включается при температуре наружного воздуха ниже 12 °С.

Для корректной остановки систем так же следует учитывать определенную очередность задач:

А) Задержку остановки вентилятора приточного воздуха в установках с электрокалорифером. После снятия напряжения с электрокалорифера следует охлаждать его некоторое время, не выключая вентилятор приточного воздуха. В противном случае нагревательный элемент калорифера (тепловой электрический нагреватель – ТЭН) может выйти из строя.

Б) Задержку выключения холодильной машины. При выключении холодильной машины хладагент сосредоточится в самом холодном месте холодильного контура, т. е. в испарителе. При последующем пуске возможен гидроудар. Поэтому перед выключением компрессора, сначала закрывается

клапан, устанавливаемый перед испарителем, а затем при достижении давления всасывания 2,0–2,5бар, компрессор выключается. Вместе

с задержкой выключения компрессора производится задержка выключения приточного вентилятора.

Резервирующие и дополняющие функции закладываются при работе в схеме нескольких одинаковых функциональных модулей (электрокалориферов, испарителей, холодильных машин), когда в зависимости от затребованной производительности включаются один или несколько элементов. Для повышения надежности устанавливаются резервные вентиляторы, электронагреватели, холодильные машины. При этом периодически (например, через 100ч) основной и резервный элементы меняются функциями, выравнивая, таким образом, их время наработки. На рисунке 1 показан типовой график включения и отключения аппаратов и устройств приточно-вытяжной системы. Весь этот цикл система должна отрабатывать автоматически, а, кроме того, должен быть предусмотрен индивидуальный пуск оборудования, который необходим при наладке и профилактических работах.

### *1.3.3 Защитные функции и блокировки*

Защитные функции и блокировки общие для систем автоматики и электрооборудования (защита от короткого замыкания, перегрева, ограничения перемещения и тому подобное) оговорены межведомственными нормативными документами. Такие функции, обычно, реализуются отдельными аппаратами (предохранителями, устройствами защитного отключения, конечными выключателями и так далее). Их применение регламентируется правилами устройства электроустановок (ПУЭ), нормативными правовыми актами по охране труда (НПА ОП) и правилами пожарной безопасности (ППБ).

#### *1.3.3.1 Защита от замерзания*

Функция автоматической защиты от замерзания должна быть предусмотрена в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода минус 5°C и ниже [3 (п.9.18.)]. защите подлежат теплообменники первого подогрева и рекуператоры.

Выделяют три основных фактора, способствующих замерзанию воды:

- ошибки, допущенные при проектировании и связанные с завышенной поверхностью нагрева, обвязкой по теплоносителю и способом управления;
- превышение температуры горячей воды, и как следствие резкое снижение скорости движения воды, из-за чего создается опасность замерзания воды в теплообменнике;
- опасность замерзания в нерабочее время при перетекании холодного воздуха из-за негерметичности клапана наружного воздуха и при полном закрытии плунжера водяного клапана.

Обычно защита от замерзания теплообменников выполняется на базе датчиков или датчиков-реле температуры воздуха за аппаратом и температуры теплоносителя в обратном трубопроводе.

#### *1.3.3.2 Защита технологической аппаратуры и электрооборудования*

Контроль загрязненности фильтра оценивается падением давления на нем, которое измеряется дифференциальным датчиком давления. Датчик измеряет разность давлений воздуха до и после фильтра. Допустимое падение давления на фильтре указывается в его паспорте (обычно 150–300Па). Эта разность устанавливается при наладке системы на дифференциальном датчике (уставка датчика). При достижении уставки от датчика поступает сигнал о предельной запыленности фильтра и необходимости его обслуживания или замены. Если в течение определенного времени (обычно 24 часов) после выдачи сигнала предельной запыленности фильтр не будет очищен или заменен, необходимо предусмотреть аварийную остановку системы.

Аналогичные датчики устанавливаются на вентиляторах. Если выйдет из строя вентилятор или ремень привода вентилятора, то система должна быть остановлена в аварийном режиме.

Защиты и блокировки электрического калорифера. Особые меры защиты и блокировок необходимы при использовании в системах вентиляции и кондиционирования электрического калорифера.

Если при низкой температуре наружного воздуха полной мощности электрического калорифера для поддержания заданной температуры недостаточно, то снижается производительность (скорость вращения) вентиляторов. Следует помнить, что при снижении скорости вращения вентиляторов количество поступившего в помещение воздуха может не соответствовать требованиям санитарных норм. Однако это позволяет обеспечить работу центрального кондиционера до температуры наружного воздуха минус 20–25 °С.

Кроме того, при отсутствии потока воздуха электрокалорифер выйдет из строя через 10–15 секунд, что недопустимо. Поэтому для защиты электрокалорифера при отсутствии потока воздуха необходимо его отключение по команде датчика потока или блокирование его работы при неработающем вентиляторе.

В калориферах, как правило, устанавливают еще два ступени защиты:

первая ступень – защита от перегрева с самовозвратом (температура срабатывания 50 °С);

вторая ступень – защита от возгорания с ручным возвратом (температура срабатывания 150 °С).

Первая ступень срабатывает обратимо, то есть после того, как температура воздуха за электрокалорифером снизится до 40°С, калорифер включается снова. Однако если такое выключение случится несколько раз в течение определенного времени (например, одного часа), то необходимо аварийное отключение системы. При срабатывании второй ступени система должна отключиться, включить ее повторно можно только вручную после устранения неисправности.

Кроме того, автоматические блокировки регламентированы для:

- открывания и закрывания клапанов наружного воздуха при включении и отключении вентиляторов [3 (п.9.13а)];



- открывания и закрывания клапанов систем вентиляции, соединенных воздухопроводами для полной или частичной взаимозаменяемости при выходе из строя одной из систем [3 (п.9.13б)];

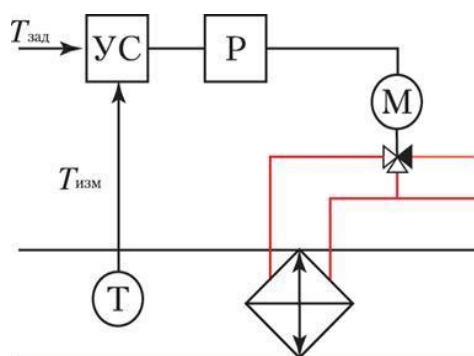
- закрывания клапанов систем вентиляции для помещений, защищаемых установками газового пожаротушения при отключении вентиляторов систем вентиляции этих помещений [3 (п.9.13в)]

#### *1.3.4 Регулирующие функции.САР температуры*

Регулирующие функции – автоматическое поддержание заданных параметров являются основными по определению [3 (п.9.11)] для систем воздушного отопления, приточной и вытяжной вентиляции, работающей с переменным расходом, рециркуляцией воздуха, систем кондиционирования, холодоснабжения и местного увлажнения воздуха в помещениях. При этом для систем кондиционирования оговаривается точность поддержания параметров воздуха (если отсутствуют специальные требования), которая составляет в точках установки датчиков  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  по температуре и  $\pm 7\%$  по относительной влажности.

Эти функции выполняются с помощью замкнутых контуров регулирования, в которых принцип обратной связи присутствует в явном виде: информация об объекте, поступающая от датчиков, преобразуется регулирующими устройствами в управляющие воздействия. На рисунке 1.1.приведен пример контура регулирования температуры приточного воздуха в канальном кондиционере. Температура воздуха поддерживается водяным калорифером, через который пропускается теплоноситель. Воздух, проходя через калорифер, нагревается. Температура воздуха после водяного калорифера измеряется датчиком (Т), далее ее величина поступает на устройство сравнения (УС) измеренного значения температуры и температуры уставки. В зависимости от разности между температурой уставки (Туст) и измеренным значением температуры (Тизм) устройство управления (Р) вырабатывает сигнал, воздействующий на исполнительный механизм (М – электропривод

трехходового клапана). Электропривод открывает или закрывает трехходовой клапан до положения, при котором ошибка  $\varepsilon = T_{уст} - T_{изм}$  будет минимальной.



T - датчик; УС - устройство сравнения; Р - регулирующее устройство; М - исполнительное устройство; РО - регулирующий орган; ОУ - объект управления

Рисунок 1.1. – Контур регулирования температуры приточного воздуха в воздуховоде с водяным теплообменником

Таким образом, построение системы автоматического регулирования на основании требований к точности и другим параметрам ее работы (устойчивости, колебательности и других) сводится к выбору ее структуры и элементов, а также к определению параметров регулятора. Обычно, это выполняется специалистами по автоматизации с использованием классической теории автоматического регулирования [4]. Отметим только, что параметры настройки регулятора определяются динамическими свойствами объекта управления и выбранным законом регулирования. Закон регулирования – взаимосвязь между входным ( $\Delta$ ) и выходным ( $U_p$ ) сигналами регулятора.

#### 1.4. Выбор принципиальных технических решений

Способ реализации функций управления в системах автоматики обычно определяется общим уровнем развития элементной базы. До 90-х годов прошлого столетия в промышленности (в том числе и в СКВ) доминировал принцип «аппарат-функция». Его суть заключалась в том, что конкретную функцию в локальных системах автоматики реализовало конкретное устройство, выполненное, как правило, на базе релейно-контакторной аппаратуры. Реализация более сложных систем управления по такому принципу построения

в настоящее время практически не осуществляется. Современные САУ в качестве средств управления используют, как правило, электронные цифровые устройства на базе микропроцессоров. По своим техническим возможностям эти устройства позволяют обеспечить управление многими параметрами.

### **1.5. Разработка технического задания на создание системы автоматизации**

Техническое задание представляет собой документ, содержащий цели, требования к разрабатываемому, внедряемому или сопровождаемому продукту.

Данный документ отражает основное назначение проекта, необходимые требования заказчика, результаты проведения научно-исследовательской работы, предпроектное исследование, описание разработанного, выбранного продукта на рынке предоставляемых услуг.

Техническое задание устанавливает основное назначение разрабатываемого объекта, его технические характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предписание по выполнению необходимых стадий создания документации, и её состав, а также специальные требования.

Для полного описания всех параметров вентиляции все данные по основным сводятся в единую таблицу. Так же здесь отображаются основные режимы работы системы.

### **1.6. Математическое описание объекта регулирования**

При создании и внедрении САУ вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо знать характеристики, как определенных элементов СКВ, так и системы в целом, которые описывают их поведение в переходных и установившихся режимах. Только по таким характеристикам можно оптимально выбрать регулятор, датчики, исполнительные механизмы, построить САУ и произвести ее наладку.

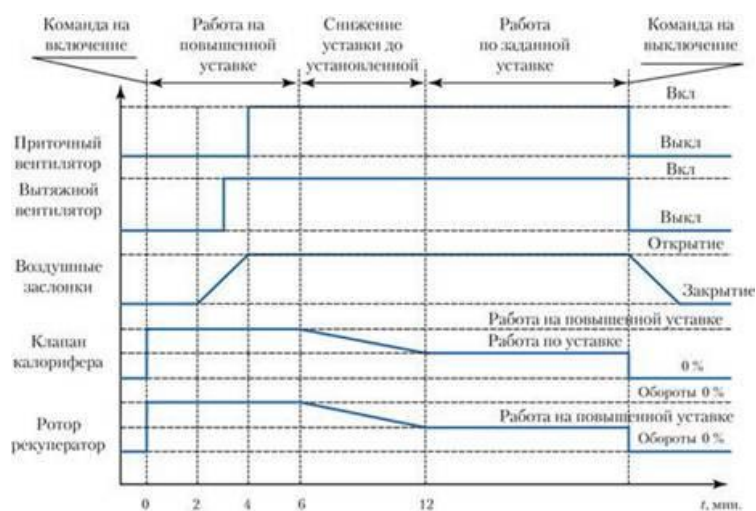


Рисунок 1 – Типовой график работы приточно-вытяжной вентиляции

Немаловажное значение имеют функции программного управления, такие как смена режимов «зима-лето» и «день-ночь». Особенно актуальна реализация этих функций в современных условиях дефицита энергетических ресурсов. В простейшем случае эти функции предусматривают или вообще отключение СКВ в определенный момент времени, или снижение (повышение) заданного значения регулируемого параметра (например, температуры) в зависимости от периода суток («день-ночь») или изменения тепловых нагрузок в обслуживаемом помещении. Более эффективным, но и более сложным в реализации, является программное управление, предусматривающее автоматическое изменение структуры СКВ и алгоритма ее функционирования не только в традиционном режиме «зима-лето», но и в переходных режимах [1].

При этом основной мотивацией и критерием оптимизации, как правило, является стремление обеспечить, возможно, минимальное потребление энергии при ограничениях на капитальные затраты, габариты и так далее.

Наиболее широко используются методы математического описания САР на основе передаточных функций  $W(p)$ , которые отражают взаимосвязь входных и выходных параметров отдельных элементов и всей системы [1].

Обобщенную структурную схему САР можно представить в виде, показанном на рисунке 1.2:

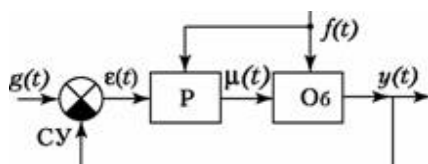


Рисунок 1.2.– Обобщенная структурная схема САР

Датчики параметров воздуха и теплоносителей можно рассматривать как апериодическое звено первого порядка. Их инерционность (постоянная времени) зависит от конструкции и массы чувствительного элемента. Еще в более сильной степени инерционность зависит от скорости воздуха. При неподвижном воздухе постоянная времени датчиков достигает десятков минут и для помещений может оказаться самой большой постоянной среди звеньев объекта. Поэтому с целью снижения инерционности применяют локальное повышение скорости воздуха вблизи датчика, установку датчиков в приточном или рециркуляционном воздухопроводах и другие приемы.

Регуляторы расхода (клапаны) изменяют расход воздуха  $G_v$  или воды  $G_w$  при повороте створок на угол  $\alpha$  или перемещении плунжера  $h$ . При мгновенном изменении  $\alpha$  или  $h$  расход воздуха или воды также меняется мгновенно. Поэтому клапаны являются обычными усилительными звеньями, в которых входная и выходная величины связаны коэффициентом передачи. Для воздушного клапана  $K_{\alpha} = \Delta G_v / \Delta \alpha = f(\alpha, F_{кл})$ , где  $F_{кл}$  – сечение клапана. Для водяного клапана при данном диаметре клапана и типе плунжера  $K_{Gw} \approx \Delta h = f(h)$ . Функции  $f(\alpha, F_{кл})$  и  $f(h)$  обычно нелинейны, и коэффициенты передачи при разных положениях  $\alpha$  или  $h$  могут меняться значительно, если клапаны поставлены без расчета.

Основным элементом СКВ является обслуживаемое помещение (ОП), в котором постоянно совершается переход воздуха из одного состояния в другое. Для поддержания заданных параметров в обслуживаемое помещение подается приточный воздух с параметрами, отличными от параметров внутри помещения. Перемешиваясь с внутренним воздухом и вытесняя его, приточный воздух ассимилирует избыточное тепло и влагу или подогревает и увлажняет воздух помещения.

Обслуживаемое помещение характеризуется рассредоточенными показателями воздуха. Учет рассредоточенных характеристик затруднен, поэтому помещение при решении задач автоматического регулирования рассматривается как объект с сосредоточенными параметрами, т. е. температура и влажность воздуха определяются в наиболее типичной (рабочей) зоне. Именно в такой зоне должны быть установлены датчики регулируемых параметров.

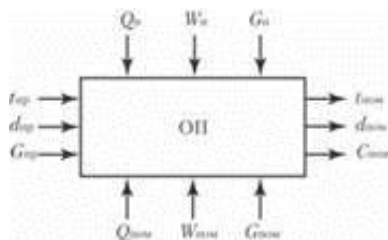


Рисунок 1.3. – Обобщенная функциональная модель обслуживаемого помещения как объекта регулирования

На функциональной схеме обслуживаемого помещения (рисунок 1.3) выделены внешние возмущающие воздействия (тепловая  $Q_n$ , влажностная  $W_n$  и аэродинамическая  $G_n$  нагрузки) и внутренние (тепловая  $Q_{пом}$ , влажностная  $W_{пом}$  и газовая  $S_{пом}$  нагрузки). Входными параметрами являются: температура  $t_{пр}$ , влажность  $d_{пр}$  и расход подаваемого в помещение воздуха  $G_{пр}$ , и соответственно регулируемые:  $t_{пом}$ ,  $d_{пом}$  и  $S_{пом}$ . В системах комфортного кондиционирования для стабилизации заданного состояния воздуха, т. е. двух независимых переменных  $t_{пом}$  и  $d_{пом}$  можно использовать, в общем случае, три управляющие воздействия:  $t_{пр}$ ,  $d_{пр}$  и  $G_{пр}$ . Особенности применения каждого определяются исходными условиями, ограничениями, накладываемыми на систему, а также экономическими соображениями.

Обычно в кондиционируемых помещениях переменна тепловая нагрузка, влажностная – относительно постоянна, а газовая – требует некоторого минимального расхода наружного воздуха.

Для такого объекта возможны три вида систем стабилизации температуры: с постоянным или переменным расходом воздуха и смешанные.

Управление температурой помещения с помощью изменения расходов приточного и удаляемого воздуха (количественное регулирование), несмотря на преимущества, связанные с экономией теплоты, воды и электроэнергии, уменьшении мгновенных и годовых расходов, реализуется редко. Это связано с относительно высокими капитальными затратами и сложностью управления, особенно многозональных систем. Поэтому, наиболее распространенными являются системы стабилизации температуры в помещении по каналу изменения температуры приточного воздуха (качественное управление). Такие системы наиболее полно исследованы как объекты автоматизации: выведены аналитически и экспериментально подтверждены передаточные функции, значения коэффициентов передач и постоянных времени.

Динамические свойства помещения зависят от кратности воздухообмена  $K_v$ , обобщенного размера помещения  $IV$  (отношение объема помещения  $V_{пом}$  к площади поверхности ограждений  $F$ ), коэффициентов теплопередачи ограждений  $K_{огр}$  и постоянной времени ограждения  $T_{огр}$ . Аналитически передаточная функция по каналу температуры приточного воздуха получена в виде

$$W_{t_{вп}}(p) = \frac{T_{огр} \cdot p + 1}{T_{пом} \cdot p + 1} K_{пом}, \quad (1.1)$$

где  $K_{пом}$  и  $T_{огр}$  могут быть определены по показателям  $K_v$ ,  $IV$ ,  $K_{огр}$ , теплопроводности  $\sigma$  и плотности  $\rho$  воздуха [2];

$T_{пом}$  – постоянная времени помещения – может быть определена как

$$T_{пом} \approx K_v - 1.$$

Учитывая, что для помещений характерны периоды изменения составляющих тепловой нагрузки от нескольких минут до часов, в задачах с такими периодами колебаний можно пренебречь инерционностью ограждений и представить помещение аperiodическим звеном первого порядка с передаточной функцией

$$W_{t_{вп}}(p) = \frac{K_{пом}}{T_{пом} \cdot p + 1}. \quad (1.2)$$

По экспериментальной кривой разгона определяем параметры объекта регулирования: коэффициент теплопередачи помещения  $K_{пом}$  и постоянной времени помещения  $T_{пом}$

### **1.7. Выбор и расчет регулятора**

Задача выбора закона управления и типа регулятора состоит в следующем : необходимо выбрать такой тип регулятора, который при минимальной стоимости и максимальной надежности обеспечивал бы заданное качество регулирования. Могут быть выбраны релейные, непрерывные или дискретные (цифровые) типы регуляторов.

В качестве непрерывных регуляторов предполагается использовать регуляторы, реализующие И, П, ПИ, ПД и ПИД - законы управления. Теоретически, с усложнением закона регулирования качество работы системы улучшается.

Реализация П-регулятора требует применения регулируемого усилительного элемента (механического, пневматического, электрического и т. п.), который может функционировать как с привлечением добавочного источника энергии, так и без него. Последняя разновидность П-регуляторов называется регуляторами прямого действия. Примером регулятора прямого действия в СКВ является – терморегулирующий вентиль (ТРВ), предназначенный для регулировки количества хладагента, подаваемого в испаритель, в зависимости от температуры перегретого пара на выходе испарителя. Изменение  $K_p$  (настройка ТРВ) производится с помощью вращения регулировочного винта. Другой разновидностью П-регуляторов являются позиционные регуляторы, которые реализуют пропорциональный закон регулирования при  $K_p$ , стремящемся к бесконечности и формируют выходной сигнал  $U_p$ , имеющий определенное число постоянных значений, например, два или три, соответствующие двух- или трехпозиционным регуляторам. Такие регуляторы иногда называют релейными из-за сходства их графических



характеристик с характеристиками реле. Параметром настройки таких регуляторов служит величина зоны нечувствительности  $\Delta \epsilon$ .

В технике автоматизации систем кондиционирования и вентиляции двухпозиционные регуляторы в виду простоты и надежности нашли широкое применение при регулировании температуры (термостаты), давления (прессостаты) и других параметров состояния процесса [1]. Двухпозиционные регуляторы используются также в системах автоматической защиты, блокировок и переключения режимов работы оборудования. В этом случае их функции выполняют датчики-реле.

Несмотря на указанные достоинства П-регуляторов, они обладают большой статической ошибкой (при малых значениях  $K_p$ ) и склонностью к автоколебаниям (при больших значениях  $K_p$ ). Поэтому при более высоких требованиях к регулирующим функциям систем автоматики по точности и устойчивости применяют и более сложные законы регулирования, например, ПИ- и ПИД-законы.

ПИ-закон регулирования характеризуется наличием второй составляющей – интегральной (И), которая суммирует во времени сигнал  $\Delta$ , тем самым заставляя регулирующий орган занять положение, соответствующее нулевой статической ошибке. Кроме  $K_p$ , ПИ – регулятор имеет второй параметр настройки  $T_i$  – время интегрирования. Сочетание значений этих параметров настройки определяет приемлемый характер протекания переходного процесса по его длительности и колебательности.

В ПИД – регуляторе, кроме упомянутых пропорциональной и интегральной составляющих, введена еще дифференциальная (Д), которая вырабатывает регулирующее воздействие пропорциональное скорости изменения  $\Delta$  и характеризуется параметром настройки  $T_d$  (постоянная времени дифференцирования). Такие регуляторы предпочтительны для объектов с резкими перепадами температур (скачкообразное изменение теплопритоков) или с большим транспортным запаздыванием (длинные трубо- и воздухопроводы).

Реализация ПИ и ПИД – регуляторов требует выполнения специальных вычислительных операций, которые могут быть осуществлены или аппаратно (аналоговые устройства на основе операционных усилителей), или программно (цифровые вычислительные устройства). Для регулирования основных технологических параметров СКВ (температура, влажность и т. п.) существует большой ассортимент как непрерывных, так и цифровых одно- и многоканальных регуляторов.

## 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ.

### 3.1 Основные цели и задачи создания САР температуры в помещении.

Целями создания САР температуры в помещении являются:

- снижение уровня энергопотребления системы отопления;
- повышение эксплуатационного срока оборудования
- обеспечение надежного процесса регулирования;
- стабилизация заданного параметра в допустимых пределах;

Указанные цели могут быть достигнуты путем:

- оборудования системы воздушного отопления автоматической системой регулирования по заданному параметру;
- повышения точности измеряемого параметра и сокращения времени отклика системы;
- уменьшения затрат на материальные и энергетические расходы за счет эффективного и бережного использования оборудования;
- Создание качественного алгоритма процесса регулирования за счет анализа проектируемой модели, определение ее устойчивости и основных показателей качества регулирования процесса в частности времени регулирования и перерегулирования.

### 3.2 Назначение системы автоматического регулирования температуры.

Вентиляционная установка, оборудованная нагревателем и системой воздухопроводов предназначена для подогрева воздуха и равномерном распределении его по всему объему помещения.

Назначение САР температуры является контроль заданного технологического параметра температуры в установленных пределах, его поддержание и сигнализации в случае возникновения аварийной ситуации, автоматическим управлением нагревателем. САР должна обеспечивать работу отопительной вентиляционной установки в полном автоматическом режиме и свести работу обслуживающего персонала к периодическому обслуживанию и замену отдельных блоков в случае их выхода из строя.

САР температуры предназначена для:

- поддержание в стабильном состоянии заданного температурного параметра путем измерения значения технологического параметра его обработки и обратным воздействием на исполнительное устройство в автоматическом режиме;
- постоянный мониторинг режима регулирования и сигнализации в случае возникновения аварийной ситуации.

### **3.3 Требования к автоматике САР.**

Система автоматики САР температуры должна обеспечивать следующие функции автоматики:

- Измерение значений показаний:
  1. Температуру в производственном помещении.
  2. Температуру нагревательного элемента.
- Управление:
  1. Плавный пуск вентилятора
  2. Изменение температуры нагревателя
- Индикации:
  1. Выдача сигнала аварии по нагреву.

Сигнал индикации аварии должен выводиться на пост дежурного.

### **3.4 Требования к техническому обеспечению САР.**

Все оборудование, находящееся как в цеху, так и в вентиляционной камере должно быть со степенью защиты от пыли и влаги не менее IP 67. Все электрические цепи должны быть искробезопасного исполнения. Автоматика систем управления должна располагаться в негорючем шкафу и соединяться с датчиками и исполнительными цепями негорючим кабелем.

Программно-технический комплекс должен обеспечивать:

- Диапазон измеряемых температур помещения- от -50 оС до +50 оС
- Допуск по пределам регулирования в пределах  $\pm 0,5$  оС
- Время регулирования-30 минут

- Перерегулирование не более 25%
- Режим работы «День» -Уставка температурного режима +22 оС
- Режим работы «Ночь-Выходной день» - Уставка температурного режима +10 оС

Датчики должны быть взрывозащищенного исполнения со взрывобезопасными цепями с токовым интерфейсом сигнала 4-20. Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения выбрать исходя из следующих показателей:

- Срок службы не менее 5 лет;
- Время наработки на отказ не менее 60 тыс. часов.

Вентилятор трехфазный должен быть оснащен устройством плавного пуска при потребляемой мощности 5,45 кВт.

Регулятор тока для нагревательного элемента вентиляционной установки должен коммутировать нагрузку не менее 45 кВт. и иметь запас по току не менее 20%

Контроллер должен иметь:

- возможность модульное присоединения вспомогательных элементов для решения других задач.
- сетевое присоединение Ethernet(ModBUS TSP)
- блок питания в комплекте, обеспечивающий питание контроллера.

### **3.5 Требования к метрологическому обеспечению САР**

Для измерения температуры должен быть использован датчик с погрешностью измерения не более 1%. Относительная погрешность должна составлять не более 0,2%

Кабельная продукция должна быть негорючей и соответствовать всем нормам пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ 31565-2012.

Гарантийный срок службы датчиков не менее 24 месяцев с момента начала эксплуатации. Интервал между поверками не менее 1 год.

### 3. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

#### 3.1 Описание технологического процесса.

Главной составляющей частью системы воздушного обогрева является вентиляционная установка с нагревающим элементом. Существуют несколько способов циркуляции воздуха в отапливаемом помещении. Прямоточная схема осуществляет забор непосредственно с улицы и осуществляет его фильтрацию, подогрев путем прохода воздуха через нагреватель, и распределение через систему воздуховодов по обогреваемому помещению.

В данном проекте с целью экономии затрат на отопление была осуществлена схема с так называемой рециркуляцией когда вытяжной воздух поступает в приточную камеру заново тем самым выравнивая температуру холодного уличного воздуха. Схема отопительной вентиляционной установки приведена на рисунке 3.1

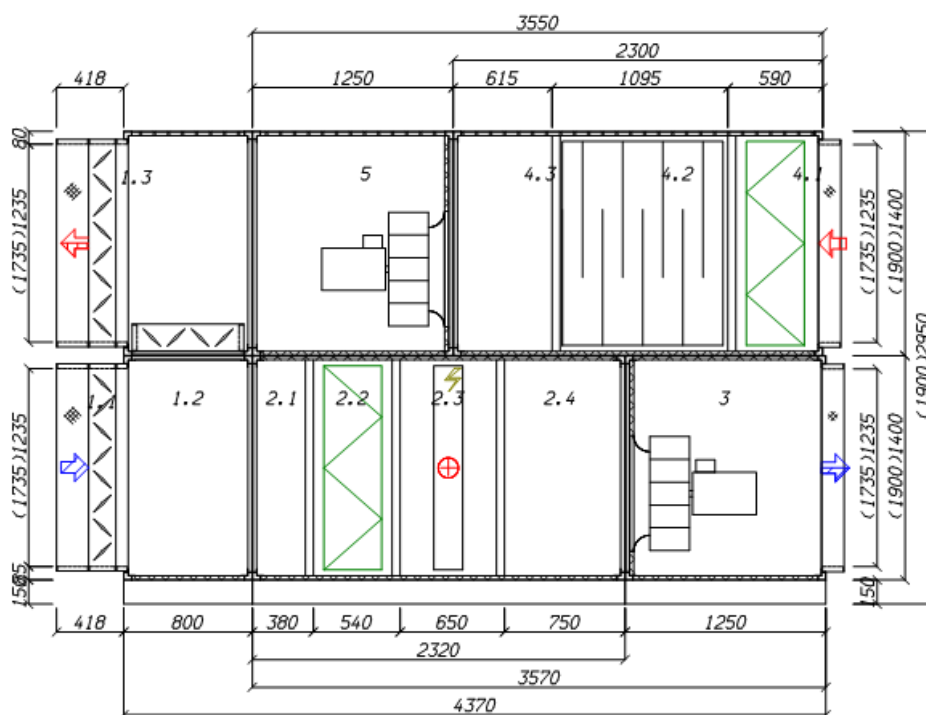


Рисунок 3.1.– Схема отопительной вентиляционной установки:

1.2.- камера смешения приточного и вытяжного воздуха;1.3-вытяжная камера;2.1-фильтрационный отсек;2.2-фильтрующий элемент;2.3-электрокалорифер;2.4-камера подогретого воздуха;3-приточный вентилятор;4.1-фильтр

вытяжного воздуха;4.2-пластинчатый шумоглушитель;4.3-камера измерения давления;5-вытяжной вентилятор.

При запуске системы воздушного обогрева контроллер выдает команду на устройство плавного пуска вентилятора. Частотный регулятор осуществляет плавный пуск вентилятора и измеряет значение температуры в контролируемом помещении с помощью датчика. Датчик температуры находится в такой зоне чтобы измеряемая температура имела среднее значение по помещению. В данном случае это высота 1,5м от пола на противоположной стороне от входных ворот. Измеренное значение от датчика температуры поступает на блок контроллера расположенном с комплектом автоматики в металлическом ящике закрепленном на стене вентиляционной камеры. Анализируя возможное отклонение измеренного значения от значения уставки контроллер выдает команду на включение на необходимое время электрокалорифера приточной установки.

Подогретый воздух поступает в сеть воздуховодов разветвленных по всему производственному помещению. Схема воздухообмена представлена на Рисунке 3.2

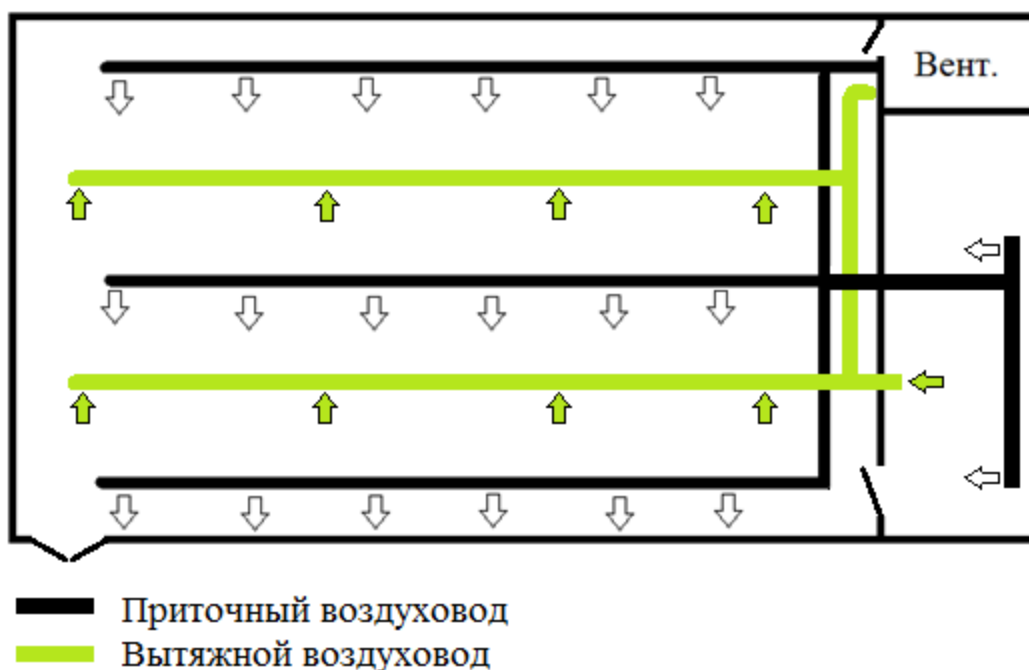




Рисунок 3.2-Схема воздухообмена в помещении.

Приточные воздуховоды имеют опуски на отметку 0.200.За счет этого достигается максимальная циркуляция воздуха по помещению.(Рисунок 3.3)



Рисунок 3.3.-Расположение приточных воздуховодов.

САР температуры осуществляет контроль заданного параметра и производит регулирование путем снижения или повышения мощности нагрева электрокалорифера.

### **3.2 Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации является одним из основных проектных документов, определяющих функциональную структуру и объем автоматизации технологических установок и отдельных агрегатов промышленного объекта. Она представляет собой чертеж, на котором схематически условными обозначениями изображены: технологическое оборудование; коммуникации; органы управления и средства автоматизации (приборы, регуляторы, вычислительные устройства) с указанием связей между технологическим оборудованием и элементами автоматики, а также связей между отдельными элементами автоматики

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи:



- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям, ГОСТ 21.408–13 и приведена в приложении А.

Согласно ГОСТ 21.408–13 при разработке функциональной схемы были использованы следующие величины:

- Т – температура.

Таблица 1 – Условное обозначение схемы автоматизации

Обозначение	Описание
	Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите.
	Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.

### 3.3 Структурная схема

Структурная схема комплекса аппаратно-технических средств установки термической доподготовки нефти построенная по трёхуровневому иерархическому принципу, в соответствии с требованиями ТЗ, приведена в приложении Б.

Нижний (полевой) уровень системы, состоит из распределённых первичных устройств автоматизации:

- датчики температуры;
- исполнительные механизмы.

На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:

- сбор и передача сигналов аварийной сигнализации, состояния и положения запорной арматуры, а также насосных агрегатов;

- измерение параметров технологического процесса (температуры помещения);

- выполнение команд с пункта управления.

Средний (контроллерный) уровень представлен коммуникационными интерфейсами и локальным контроллером (ПЛК).

ПЛК должен выполнять следующие функции:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о параметрах технологического процесса;

- автоматическое логическое управление и регулирование, а также обмен информацией с пунктами управления АРМ;

Верхний (информационно–вычислительный) уровень представляет из себя локальную сеть, которая объединяет между собой персональные компьютеры и сервер базы данных. Компьютеры диспетчера и операторов оснащены операционными системами (ОС) Windows 8 и программным обеспечением SCADA Trace Mode 6.09.

На верхнем уровне выполняются следующие задачи:

- сбор и обработка (в том числе масштабирование) данных с локальных контроллеров;

- синхронизация всех подсистем за счёт поддержания единого времени в системе;

- формирование технологической базы данных (БД);

- формирование отчётной документации, протоколов событий;

- предоставление интерфейса непосредственного взаимодействия с оператором АСУ.

### **3.4 Выбор комплекса-аппаратно технических средств**

#### **3.4.1 Выбор датчика температуры**

Для измерения температуры рассмотрены следующие датчики температуры:

- KOBOLD;

- Метран-285;
- Danfoss MBT5116.

Результаты сравнения занесены в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ датчиков температуры

Критерии выбора	ОВЕН ДТПИ.И (Pt100)	Метран-285	Danfoss MBT5116
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Диапазон измерения температуры:	-50...+600°C	-50... +800°C	-50 +600 °C
Предел допускаемой погрешности	1%	0,25%	0,25%
Выходной сигнал	4–20мА	4–20мА +HART	4–20мА
Взрывозащищенность	Ex (ExiaCT6 X)	0Ex ia IICT1...T6 Ga X	ExiaCT6
Степень защиты от пыли и воды	IP20	IP54, IP65	IP68
Межповерочный интервал	2 года	4 года	4 года
Средний срок службы	5 лет	12 лет	10 лет
Время наработки на отказ	40 000 часов	200 000 часов	120 000 часов

Исходя из таблицы 2 был выбран датчик температуры ДТПИ.И ОВЕН (рисунок 3) т.к. в соответствии с ТЗ он имеет унифицированный выходной сигнал 4-20 мА, среднее время наработки на отказ удовлетворяет ТЗ, как и его средний срок службы. При это согласно ТЗ входит в рамки заданного класса точности. Стоимость значительно ниже чем рассмотренные зарубежные варианты.



Рисунок 3.4 – Датчик температуры Danfoss MBT5116

Данные датчики изготавливаются на базе производимых компанией ОВЕН термометров сопротивления предусмотрено 6 стандартных температурных диапазонов преобразования, а для термоэлектрических преобразователей – 4. При помощи преобразователя АС7 или НП-КП20 датчик можно подключить к ПК и настроить его на нужный диапазон преобразования.

Возможности.

Датчики с выходным сигналом 4...20мА позволяют:

- подключать отечественными датчиками температуры к контроллерам зарубежных производителей;
- увеличивать длину линии связи «измерительный прибор \ датчик температуры»;
- подключить к одному датчику несколько измерителей;
- снизить влияние помех на линию связи «прибор \ датчик».

Достоинства.

По сравнению с продуктами других заводов датчики ОВЕН имеет ряд достоинств:

- высокая точность;
- датчики ОВЕН внесены в реестр средств измерений РФ;
- высокая разрешающая способность. Дискретность выходного сигнала 4...20мА составляет не более 8мкА;
- высокая надежность. Датчики ОВЕН с выходным сигналом 4...20мА соответствует требованиям ГОСТ по электромагнитной совместимости с критерием качества функционирования А;
- высокая временная стабильность;
- широкий диапазон рабочих температур, окружающей среды: -40...+85°С.

Габаритные размеры приведены на рисунке 3.5.

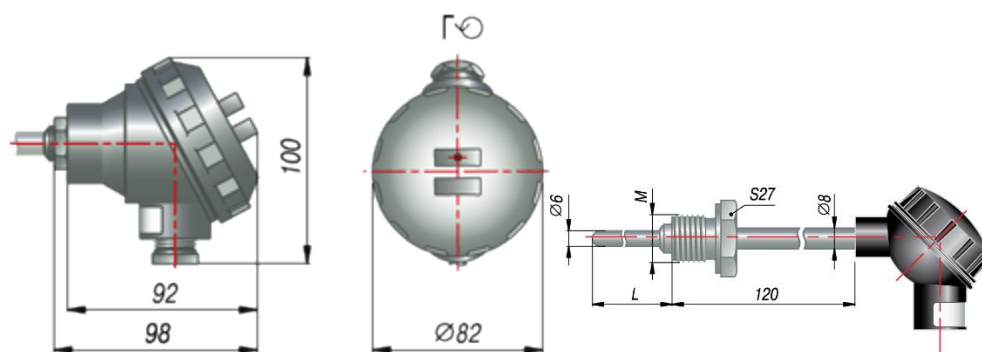


Рисунок 3.5 – Габаритные размеры датчика ДТП.И ОВЕН

### 3.4.2 Выбор контроллерного оборудования

Так как разрабатывается система малой автоматизации, то вполне достаточно было использовать, в качестве замены контроллера, ПИД регулятор, который имеет необходимый функционал для реализации поставленных задач.

Для разрабатываемой системы были рассмотрены следующие виды ПИД-регуляторов:

- ОВЕН ТРМ251;
- Гигротерм 38К5;
- МЕТАКОН 613.

Сравнительный анализ приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ ПИД-регуляторов

Технические параметры	ОВЕН ТРМ251	МЕТАКОН-613	ГИГРОТЕРМ 38К5
Время опроса датчика, с	0,3	1	0,5
Типы интерфейсов	RS-485	RS-485	RS-485
Протоколы передачи данных	ОВЕН, Modbus RTU, Modbus ASCII	ASCII	Термодат и Modbus ASCII
Потребляемая мощность, Вт	6	9	10
Габариты	30x105x65	96x96x162	96x96x96
Масса, кг	0,5	0,8	1
Диапазон измерения, °С	-50... +200	-100... +500	-50... +200
Цена, р	6000	9000	9000



Овен ТРМ251



МЕТАКОН-613



Гротерм-38К5

Выбран ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ251. Учитывались такие факторы как:

- затраты, связанные на внедрение, освоение и техническую поддержку контроллера;
- обмен данными: поддержка стандартных сетевых протоколов и форматов данных, производительность.

Одноканальный программный ПИД-регулятор ОВЕН ТРМ251 применяется для управления многоступенчатыми температурными режимами в системах управления электропечами (камерными, элеваторными, шахтными, плавильными и др.).

Прибор имеет удобный, интуитивно понятный человеко-машинный интерфейс.

Функциональные возможности прибора ОВЕН ТРМ251:

- Два универсальных входа (основной и резервный)
- Функция резервирования датчиков – автоматическое включение резервного датчика в случае отказа основного
- Время опроса входа – 300 мс
- Программное пошаговое ПИД-регулирование – 3 программы технолога по 5 шагов
- Автонастройка ПИД-регулятора по современному эффективному алгоритму
- Три управляющих выхода:

- управление исполнительным механизмом (э/м реле, транзисторная или симисторная оптопара, 4...20 мА, выход для управления внешним твердотельным реле)
- сигнализация о выходе регулируемой величины за заданные пределы (э/м реле)
- сигнализация о неисправности датчика или обрыве контура регулирования ЛВА (э/м реле) или регистрация (4...20 мА)
  - Удобный человеко-машинный интерфейс
  - Сетевой интерфейс RS-485 (протоколы Modbus RTU/ASCII, OVEN)
  - Конфигурирование на ПК или с лицевой панели прибора
  - Функция сохранения образа EEPROM.

При заказе необходимо выбрать выходы (Реле-Реле-Симисторная оптопара). Дополнительно к ПИД-регулятору необходимо заказать преобразователь АС3.

Так как приборы OVEN TPM 251 работают на интерфейсе RS-485, для того чтобы можно было подключить к промышленной информационной сети RS-485 устройство с интерфейсом RS-232 (персональный компьютер), воспользуемся адаптером интерфейсов OVEN АС3-М (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Автоматический преобразователь интерфейсов RS-232/RS-485 OVEN АС3-М



Основной функцией адаптера ОВЕН АС3-М, является взаимное преобразование сигналов интерфейсов RS-485 и RS-232. Технические характеристики ОВЕН АС3-М, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики адаптера ОВЕН АС3-М

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение питания, В – переменное (для АС3-М-220) – постоянное (для АС3-М-024)	85...245 (47...60 Гц) 10...30
Степень защиты корпуса	IP20
Температура окружающей среды	-20...+75 °С
<b>Интерфейс RS-232</b>	
Диапазон напряжения входного сигнала, В	±5...15 В
Диапазон напряжения выходного сигнала, В	±9...11 В
Скорость обмена данными, бит/с	до 115200
Используемые линии передачи данных	TxD, RxD, GND
<b>Интерфейс RS-485</b>	
Диапазон напряжения входного сигнала, В	0,2...5 В
Диапазон напряжения выходного сигнала, В	1,5...5 В
Количество приборов в сети: – без использования усилителя сигнала – с использованием усилителя сигнала	не более 32 не более 256
Используемые линии передачи данных	A (D+), B (D-)

### 3.4.3 Выбор воздухонагревателя

В нашей системе вентиляции для обогрева воздуха будем использовать электрический воздухонагреватель, так как нет необходимости подключения дополнительного контура воды, в отличие от водяного воздухонагревателя. Также выбор основан для простоты расчета мощности, небольшой перепад давления, дешевая установка.

В качестве воздухонагревателя в нашей системе вентиляции используется ELN50-25/22,5.



Рисунок 3.7 – Электрокалорифер ELN50-25/22,5

Воздухонагреватель электрический для прямоугольных каналов ELN 50-25/22,5 обеспечивает статичную температуру потока воздуха. Благодаря применению двух равных ступеней мощности, у воздухонагревателя снижена нагрузка на электрическую сеть.

Так же, воздухонагреватель электрический для прямоугольных каналов ELN 50-25/22,5 защищен от перегрева двумя встроенными термостатами, что гарантирует безопасную и надежную работу агрегата и всей канальной вентиляционной системы.

Корпус прямоугольного электрического воздухонагревателя выполнен из оцинкованного листа. Напряжение необходимое для полноценной работы нагревательного элемента – 220 В (380 В).

Температурный диапазон воздуха, при котором нагреватель работает полноценно, колеблется от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , а скорость потока воздуха в вентиляции не должна быть ниже 1 м/с.

Таблица 5 – Технические характеристики электрокалорифера ELN50-25/22,5

Наименование параметра	Значение параметра
Модель	ELNS50-25/22,5
Ток, А	33,9
Мощность, кВт	22,5
Напряжение, В	220

### 3.4.4 Разработка схемы внешних проводок

Для передачи сигналов от температуры на щит КИПиА используются по два провода. В качестве кабеля выбран КВВГэ. Это – экранированный кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом и предназначен для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В при температуре окружающей среды от -50°С до +50°С. Медные токопроводящие жилы кабелей КВВГ выполнены однопроволочными. Изолированные жилы скручены. Кабель прокладывается в трубе диаметром 20 мм.

При прокладке кабелей систем автоматизации следует соблюдать требования главы 2.3. «Кабельные линии напряжением до 220 кВ» ПУЭ и дополнительные правила разделения цепей:

- цепи сигналов управления и сигнализации напряжением 220 В переменного тока и 24 В постоянного тока должны прокладываться в разных кабелях;
- аналоговые сигналы должны передаваться с помощью экранированных кабелей отдельно от цепей сигналов управления и сигнализации;
- сигналы последовательной передачи данных (интерфейсные соединения);
- сигналы управления и контроля для взаиморезервируемых механизмов, устройств должны передаваться в разных кабелях;
- цепи отдельных шлейфов пожарной сигнализации должны прокладываться в разных кабелях.

### 3.4.6 Разработка алгоритмов

В качестве канала измерения выберем канал измерения температуры. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения температуры представлен на рисунке 3.8.

Алгоритм сбора данных.

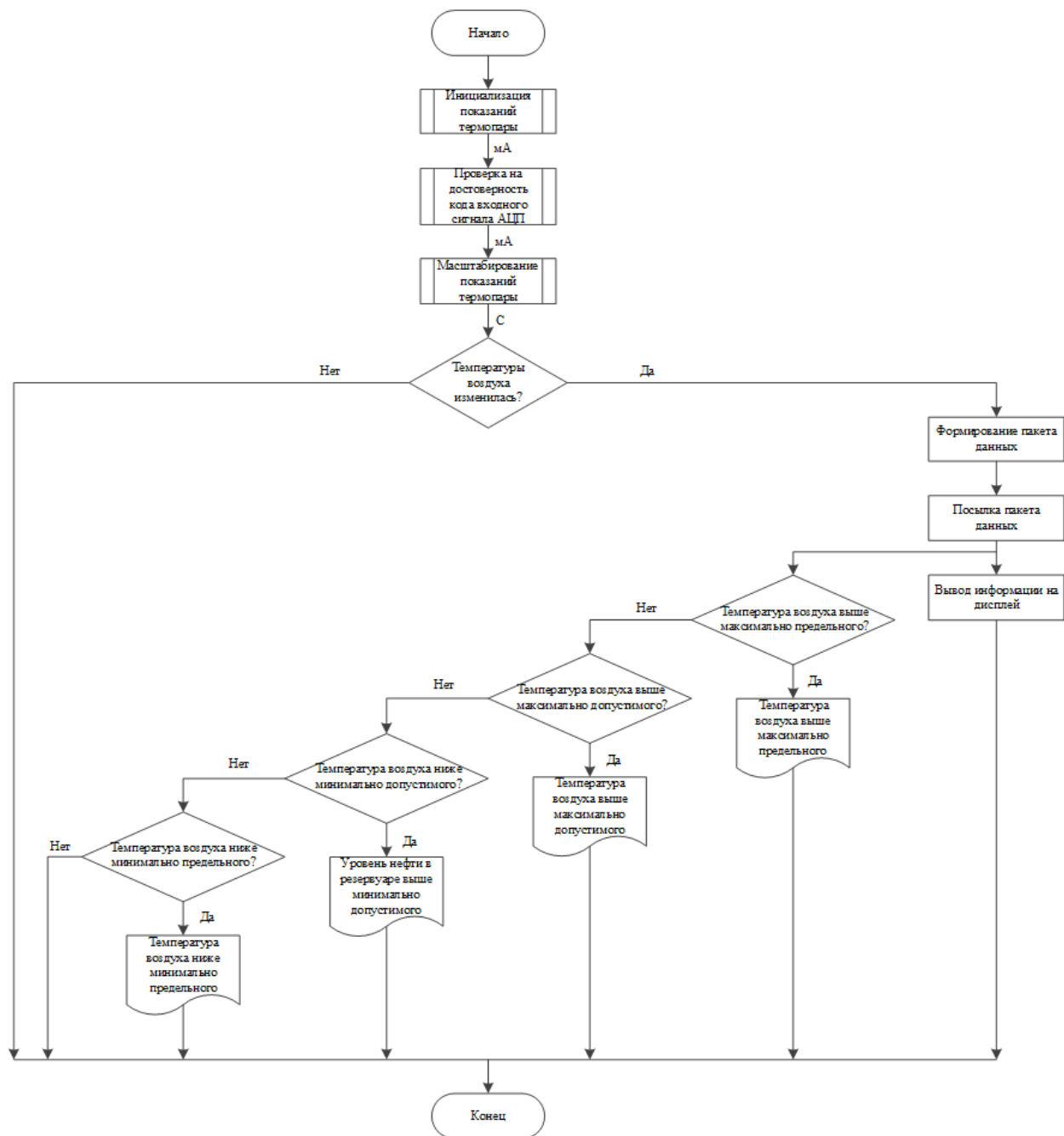


Рисунок 3.8 – Алгоритм сбора данных

### 3.4.7 Построение САР. Оценка устойчивости.

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 используется в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра.

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.

Процесс регулирования давления осуществляется следующим образом. На вход блока управления поступают заданное (уставка)  $y^*(t)$  и текущее  $y(t)$  значения регулируемой величины. Блок управления вычисляет рассогласование  $e(t) = y^*(t) - y(t)$ , на основе которого формирует управляющий сигнал  $u(t)$ , подаваемый на вход исполнительного устройства.

Задание по температуре сравнивается с текущим значением температуры, полученным при помощи датчика температуры. По рассогласованию регулятор температуры формирует задание по положению регулирующего органа. Формируется управляющее воздействие на электрокалорифер, который нагревает воздух, далее он по системе вентиляции меняет температуру в помещении.

Линеаризованные модели представлены ниже:

Уставка:

$$U = k \cdot \theta_3$$

Электрокалорифер:

$$T_1 \frac{d\Omega}{dt} + \Omega = k_1 \cdot U.$$

Вентилятор:

$$T_2 \frac{dF}{dt} + F = k_2 \cdot \Omega.$$

Помещение:

$$T_3 \frac{d\theta}{dt} + \theta = k_3 \cdot (F - \mu).$$

где,  $\Omega$  – нагретый воздух с выхода калорифера;

$F$  – воздушный поток в вентиляции;

$\mu$  – температура окружающей среды;

$\theta$  – текущая температура в помещении.

Экспериментально установлено, что постоянная времени электрокалорифера равна 4,3 секунды, а коэффициент усиления (мощность электрокалорифера) равна 22500 Вт.

Таблица 6 – Исходные данные [17]

$k_1$	$T_1$	$k_2$	$T_2$	$k_3$	$T_3$
22500	4,3	0,1	0,50	5	20

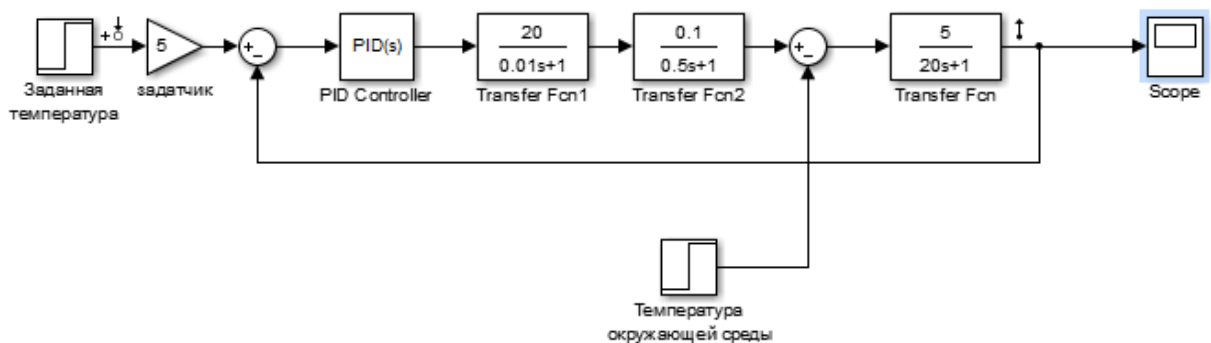


Рисунок 3.9 – Модель процесса в среде Simulink

Используя блок автоматической настройки ПИД регулятора, настроим коэффициенты ПИД регулятора.

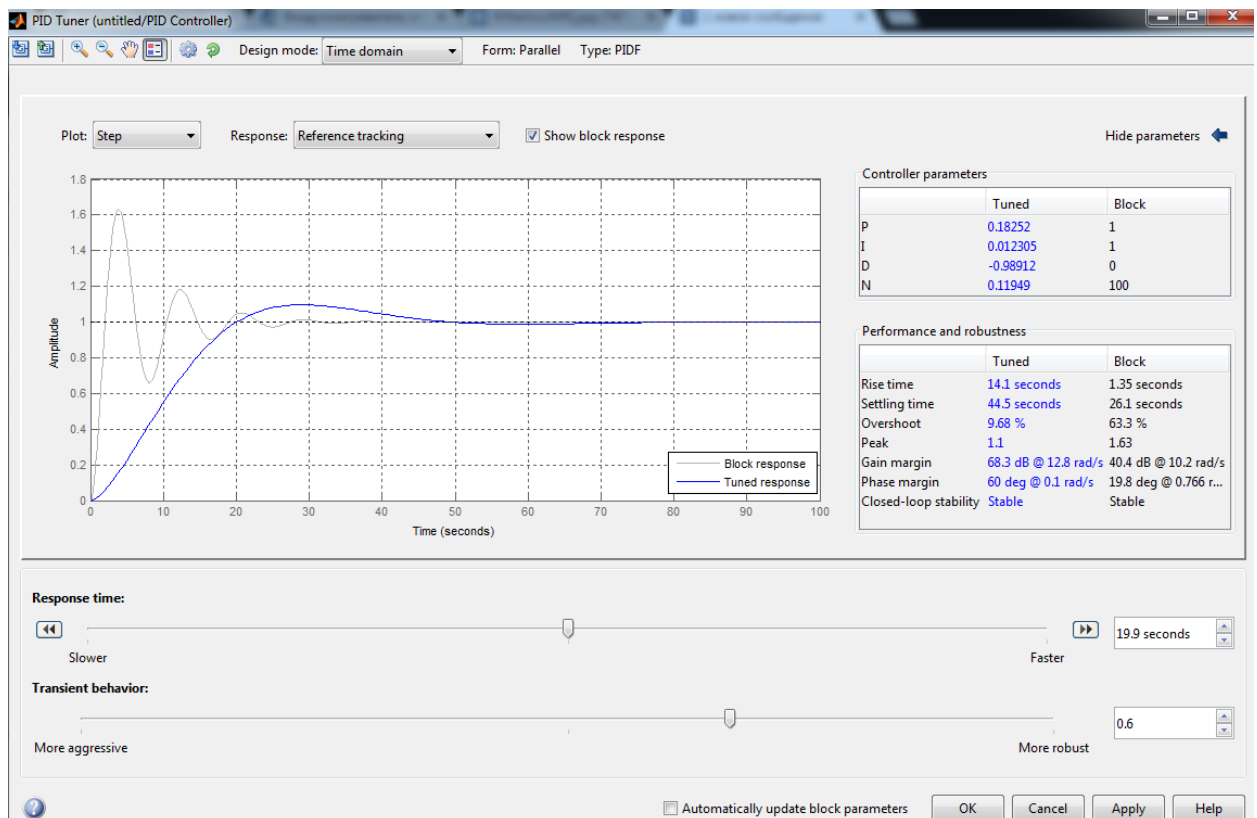


Рисунок 3.10 – Настройка ПИД-регулятора

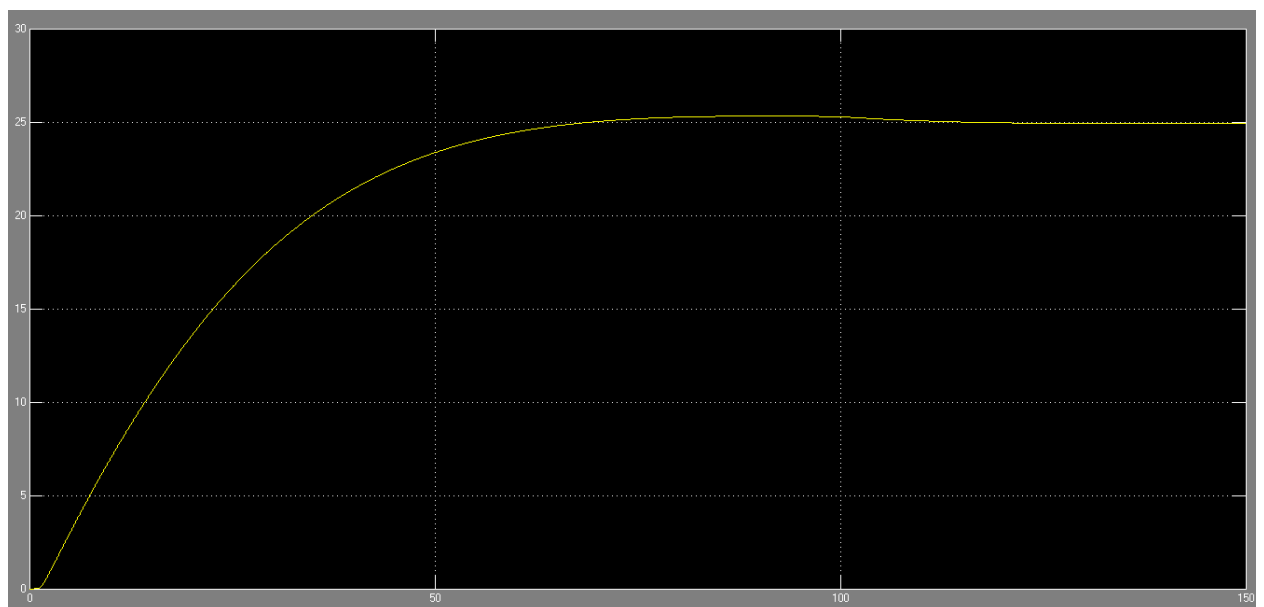


Рисунок 3.11 – График переходного процесса

В результате моделирования процесса получаем время переходного процесса 60 сек. Перерегулирование в пределах нормы.

Построим расположение корней рисунок 3.12

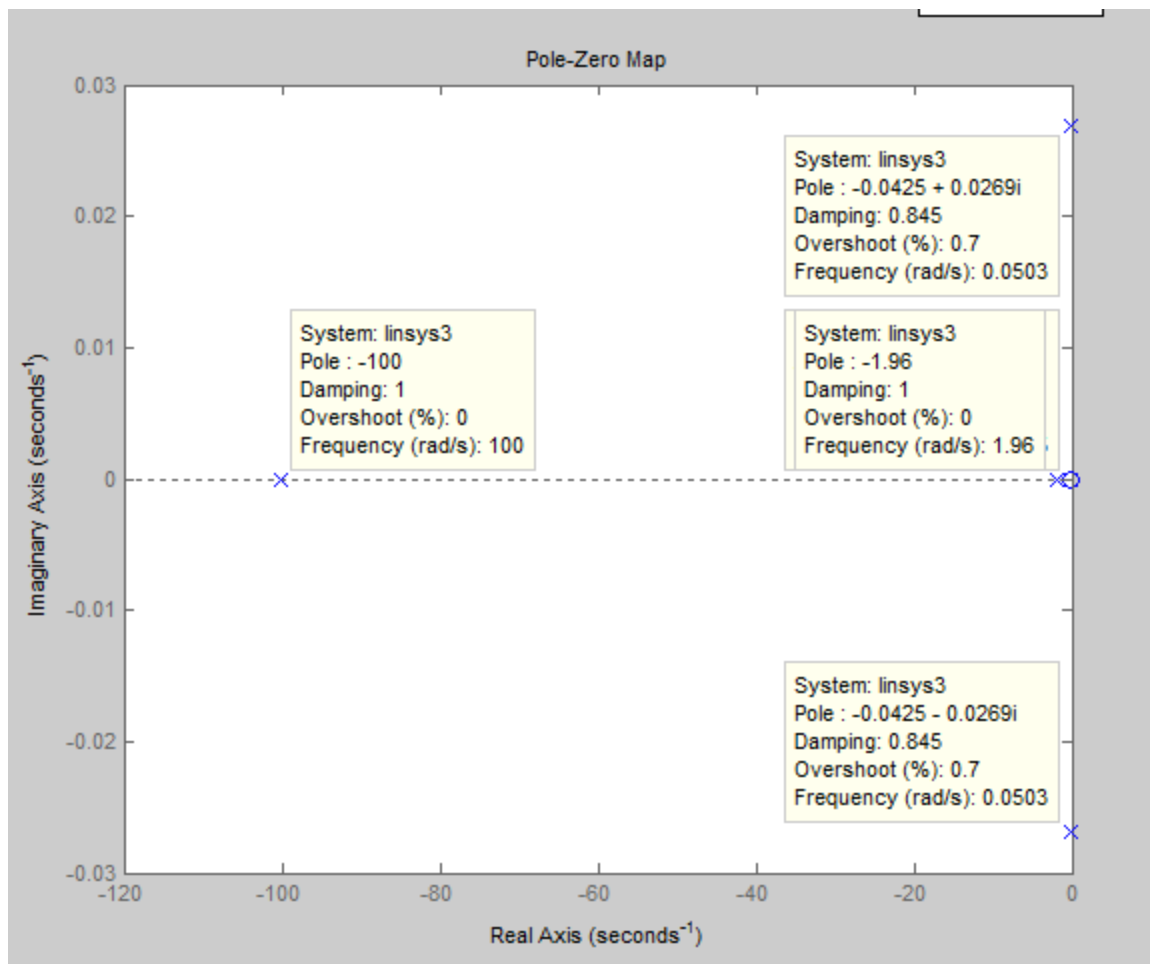


Рисунок 3.12 – Расположение корней

Как видно все корни имеют отрицательную вещественную часть, что свидетельствует об устойчивости системы.



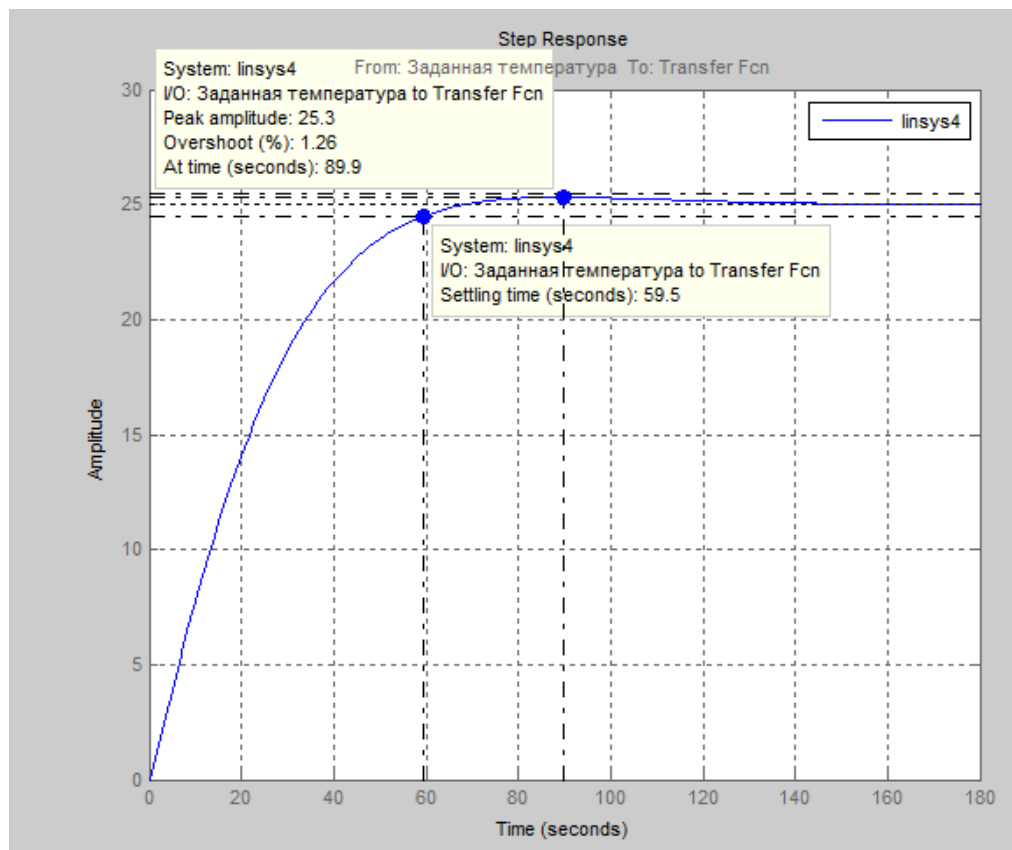


Рисунок 3.13 – Переходная характеристика с отмеченными показателями

Основные показатели качества:

Время переходного процесса 59,5 сек.

Перерегулирование 1,26%.

Статическая ошибка равна 0.

## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.

### 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

#### 4.1.1. «Портрет» потенциального потребителя

Поставлена цель провести оборудование воздушного отопления системой автоматического регулирования. Система автоматического регулирования осуществляет контроль температурного параметра воздуха в помещении, его регулирование. Объект модернизации находится в Г. Красноярск и принадлежит ООО «Ямса».

Компания находится на рынке г. Красноярск с 1995 г. и постоянно занимается улучшением условий труда для своих сотрудников. Необходимость в модернизации систем отопления вызвана тем, что реконструируемое помещение переводится из разряда складского помещения в разряд производственного, где предъявляются другие требования к температурному режиму. Внедрение же системы автоматического регулирования позволит сэкономить на отопительных расходах и направить освободившиеся деньги на дальнейшее развитие производства. У предприятия имеются другие производственные мощности, которые могут быть также модернизированы.

Потенциальным потребителем является непосредственно фирма, где происходит реконструкция систем отопления, а также любая компания желающая как провести автоматизацию существующего воздушного обогрева на своем предприятии так и перейти на данный вид отопления

#### 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum_{i=1}^n B_i B_i \quad (4.1)$$

$K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В таблице 4.1 приведен анализ с помощью оценочной карты.

Пр. – обозначение текущего проекта;

К1 – Конкурентный проект – система регулирования обогрева «АСКТ-01» компании «Контакт!»;

К2 – Конкурентный проект – система автоматического контроля температуры «САКТ», компании «БВС»;

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 4.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Таблица 4.1 - Оценочная карта технического решения

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Пр 1	К1	К2	Пр	К1	К2
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,11	4	3	2	0,44	0,33	0,22
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,03	5	4	3	0,15	0,12	0,09
3. Помехоустойчивость	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
4. Энергоэкономичность	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
5. Надежность	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
6. Уровень шума	0,04	4	3	3	0,16	0,12	0,12
7. Безопасность	0,15	4	5	4	0,6	0,75	0,6
8. Простота эксплуатации	0,03	4	3	3	0,12	0,09	0,09
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21

Продолжение таблицы 4.1

Экономические критерии оценки эффективности							
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24
2. Цена	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
4. Послепродажное обслуживание	0,04	5	3	3	0,2	0,12	0,12
5. Финансирование научной разработки	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,06	4	3	2	0,24	0,18	0,12
<b>Итого:</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>4,33</b>	<b>3,46</b>	<b>3,06</b>

Основные усилия по модернизации систем отопления будут направлены на повышение эффективности работы технологического оборудования, снижение затрат на обслуживание, повышению надежности и безопасности, снижению аварийности.

#### 4.1.3. SWOT-анализ.

Методология SWOT-анализа предполагает, во-первых, выявление внутренних сильных и слабых сторон фирмы, а также внешних возможностей и угроз. Во-вторых, установление связи между ними.

SWOT-анализ помогает ответить на следующие вопросы:

– использует ли компания внутренние сильные стороны или отличительные преимущества в своей стратегии? Если компания не имеет отличительных преимуществ, то какие из ее потенциальных сильных сторон могут ими стать?

– являются ли слабости компании ее уязвимыми местами в конкуренции и/или они не дают возможности использовать определенные благоприятные обстоятельства? Какие слабости требуют корректировки, исходя из стратегических соображений?

– какие благоприятные возможности дают компании реальные шансы на успех при использовании ее квалификации и доступа к ресурсам? (благоприятные возможности без способов их реализации – иллюзия, сильные и слабые стороны фирмы делают ее лучше или хуже приспособленной к использованию благоприятных возможностей, чем у других фирм).

– какие угрозы должны наиболее беспокоить менеджера и какие стратегические действия он должен предпринять для хорошей защиты?

В таблице 4.3 описаны сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде.

Таблица 4.3- Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Интерактивный сбор информации с датчиков контроля параметров. С2. Квалифицированный персонал научно-исследовательской разработки. С3. Снижение стоимости производства. С4. Доступность комплектующих при ремонте.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл.1. Иностранные комплектующие. Сл.2. Необходимость обучения обслуживающего персонала по работе с техн. оборудованием. Сл. 3. Для проведения ПНР требуются персонал спец. организаций. Сл. 4. Низкие сроки гарантии.
<b>Возможности:</b> В1. Повышение качества регулирования В2. Уменьшение числа обслуживающего персонала. В3. Повышение уровня безопасности В4. Повышение качества температурного режима		
<b>Угрозы:</b> У1. Завершение более современной научной разработки конкурентов. У2. Понижение спроса на новые технологии применяемые в производстве.		

Продолжение таблицы 4.3

У3. Новые требования к сертификации продукции. У4. Прекращение поставок иностранных комплектующих по различным причинам.		
---	--	--

В таблице 4.4 приведены соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Знак «+» означает сильное соответствие. Знак «-» слабое соответствие. Знак «0» если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	+	-
	B2	+	+	-	0
	B3	+	+	+	-
	B4	+	+	+	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	B1	-	-	0	0
	B2	+	+	+	-
	B3	+	+	-	-
	B4	+	+	-	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	-	-	+
	У3	-	-	-	+
	У4	-	-	0	+
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл.1	Сл.2	Сл.3	Сл.4
	У1	-	-	0	0
	У2	+	-	0	+
	У3	+	-	-	+
	У4	+	-	+	+

В таблице 4.5 приведена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 4.5 - SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Интерактивный сбор информации с датчиков контроля параметров. С2. Квалифицированный персонал научно-исследовательской разработки. С3. Снижение стоимости производства. С4. Доступность комплектующих при ремонте.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл.1. Иностранные комплектующие. Сл.2. Необходимость обучения обслуживающего персонала по работе с техн. оборудованием. Сл. 3. Для проведения ПНР требуются персонал спец. организаций. Сл. 4. Низкие сроки гарантии
<b>Возможности:</b> В1. Повышение качества регулирования В2. Уменьшение числа обслуживающего персонала. В3. Повышение уровня безопасности В4. Повышение качества температурного режима	<i>1. Внедрить новую систему на производствах за чет высокого энергосбережения, и повышения уровня безопасности. 2. Уменьшить число обслуживающего персонала</i>	<i>1. Провести обучение работающего персонала для самостоятельного монтажа оборудования. 2. Обучить действующий персонал работе на новом оборудовании</i>
<b>Угрозы:</b> У1. Завершение более современной научной разработки конкурентов. У2. Понижение спроса на новые технологии применяемые в производств. У3. Новые требования к сертификации продукции. У4. Прекращение поставок иностранных комплектующих по различным причинам.	<i>1. Вести новую систему управления что не должно сказаться на спросе. 2. Обеспечить хорошее сервисное обслуживание чтобы ликвидировать угрозы со стороны конкурентов. Проводить конкурентную ценовую политику.</i>	<i>1. Разработать более дешевые решения на основе отечественной элементной базы 2. Вести постоянный мониторинг сертификационных требований и разрабатывать новую продукцию в соответствии с ними.</i>

#### 4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.

В таблице 4.6 представлена морфологическая матрица по проекту САР температуры в производственном помещении.

Таблица 4.6 - Морфологическая матрица по проекту САР температуры в производственном помещении.

	1	2	3	4	5
А. Располож. объекта	отсутствие отдельного помещения	отдельное помещение	отдельное помещение отапливаемое	отдельное помещение с поддержкой постоянного микроклимата	Техн.оборуд. на улице,
Б. Освещение объекта	освещения нет	лампы накаливания	дневной свет+лампы накаливания	дневной свет+светодиодные лампы.	Только дневной свет
В. Диспетчерский пункт	нет	возможность удаленного управления всеми компр.	возможность удаленного управления задвижками и клапанами	возможность удаленного управления всем оборудованием	возможность удаленного управления всем оборуд. с контролем состояния.
Г. Аварийная защита	автоматическое отключение и загорание сигнальной лампы	автоматическое отключение, загорание сигнальной лампы и подача звукового сигнала	автоматическое отключение, загорание сигнальной лампы и информирование диспетчера о неполадке	автоматическое отключение, загорание сигнальной лампы, подача звукового сигнала и информирование диспетчера о неполадке	автоматическое отключение, загорание сигнальной лампы, подача звукового сигнала и информирование диспетчера о неполадке приведение в действие защитного алгоритма.
Д. Число контролируемых параметров диспетчером	нет	до 1	до 2	до 5	до 7

Вариант решения технической задачи:

А3Б4В5Г2Д4-Вариант 1

А4Б3В2Г5Д2-Вариант 2

А5Б5В3Г5Д5-Вариант 3



### 4.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для организации процесса разработки инструментального средства использован метод сетевого планирования и управления. Метод позволяет графически представить план выполнения предстоящих работ, связанных с разработкой системы, его анализ и оптимизацию, что позволяет упрощать решения поставленных задач, координировать ресурсы времени, рабочие силы и последствия отдельных операций. [7]

Составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям, продолжительность выполнения этих работ и сведем их в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Подготовка проекта

№ п/п	Этап	Исполнители
1	Постановка задачи	Руководитель Студент
2	Составление технического задания	Руководитель Студент
3	Подбор и изучение литературы	Студент
4	Разработка проекта	Руководитель, Студент
5	Формирование информационной базы	Руководитель, Студент
6	Проверка	Руководитель, Студент
7	Анализ результатов	Руководитель, Студент
8	Оформление отчетной документации о проделанной работе	Студент
9	Составление пояснительной записки	Студент
10	Сдача готового проекта	Студент

#### 4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4.3)$$

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

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (4.4)$$

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дн.;

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

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

#### 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:

$$T_{ki} = T_{pi} k_{\text{кал}} \quad (4.5)$$

$T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность  $i$ -ой работы, раб. дн.;

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

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (4.6)$$

$T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

В 2015 году –  $T_{\text{кал}} = 365$  дней,  $T_{\text{вых}} = 111$  дней,  $T_{\text{пр}} = 14$  дней.

Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 111 - 14} \approx 1,52$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$ , округляют до целого числа и заносят в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 - Временные показатели проведения научной разработки

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{мин}}$ , чел-дни		$t_{\text{мах}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$ , чел-дни							
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	16	12	13
Постановка задачи	1	1	1	2	1	1,5	2	2	1	1	2	2
Составление технического задания	3	4	1	1	3,4	1	2	2	2	1	4	2
Подбор и изучение литературы	10	-	15	-	12	-	1	1	12	-	19	-
Разработка проекта	25	5	26	3	25,4	5,4	2	2	13	3	20	5
Формирование информационной базы	28	3	30	3	28,8	3	2	2	15	2	4	4
Проверка	3	1	5	2	3,8	1,8	2	2	2	1	4	2
Анализ результатов	2	1	3	1	2,8	1	2	2	2	1	4	2
Оформление отчетной документации о проделанной работе	7	-	10	-	8,2	-	1	1	9	-	14	-
Составление пояснительной записки	4	-	5	-	4,4	-	1	1	5	-	8	-
Сдача готового проекта	1	-	2	-	1,4		1	1	2	-	2	-
<b>Итого</b>											<b>81</b>	<b>17</b>

На основе таблицы 4.8 строится календарный план-график (таблица 4.9). График строится для максимального по длительности исполнения работ.

Таблица 4.9 - Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Ткi	Март	Апрель	Май
1	Постановка задачи	Руководитель студент	2			
2	Составление технического задания	Руководитель студент	4			
3	Подбор и изучение литературы	студент	19			
4	Разработка проекта	Руководитель студент	20			
5	Формирование информационной базы	Руководитель студент	4			
6	Проверка	Руководитель студент	4			
7	Анализ результатов	Руководитель студент	4			
8	Оформление отчетной документации о проделанной работе	студент	14			
9	Составление пояснительной записки	студент	8			
10	Сдача готового проекта	студент	2			

Научный руководитель



Студент



#### 4.4. Бюджет научно-технической разработки (НТР)

##### 4.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m C_i N_{\text{расх } i} \quad (4.7)$$

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

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

$C_i$  – цена приобретения  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

$N_{\text{расх } i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.).

Значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы принимается равным  $k_T = 0,20$  (20%). Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.10.

Таблица 4.10 - Материальные затраты

№ п/п	Наименование прибора	Модель	Кол-во	Цена, руб.		
				Вари- ант1	Вари- ант2	Вари- ант3
<b>Электрооборудование</b>						
1	Воздухонагреватель	ВЕНЭ-300-234-00-01-01	1	21000	22500	22500
2	Контроллер	SEGNETICS PIXEL 1211-02-0 DVI,DisplayPort,D-Sub, USBx4]	1	12000	14000	13600

Продолжение таблицы 4.10

№ п/п	Наименование прибора	Модель	Кол-во	Цена, руб.		
				Вариант1	Вариант2	Вариант3
3	Симмисторный регулятор температуры	ТТС80F	1	9100	8400	10200
4	Датчик температуры помещения	ДТС125Л	1	2200	2700	1900
5	Шкаф настенный металлический	Turatti 600x400x200	1	4000	5100	5000
6	Мягкий пускатель	Emotron MSF 2.0	1	6100	6400	7000
7	Вентилятор	ВСК-ВОСК62-071-00750-04-1-О-У3	1	16600	17800	21400
<b>Итого (руб.)</b>				<b>71000</b>	<b>76900</b>	<b>81600</b>
<b>Конфигурация ПО</b>						
9	Программное обеспечение микроконтроллера	Программа ПИД регулятора БПС-01	1	35400	35900	36100
<b>Итого (руб.)</b>				<b>35 400</b>	<b>35 900</b>	<b>36 100</b>
<b>Общая сумма (<math>\sum C_i \cdot N_{рас.хi}</math>)</b>				<b>106400</b>	<b>112800</b>	<b>117700</b>
<b>Итоговые материальные затраты <math>Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum C_i \cdot N_{рас.хi}</math></b>				<b>127680</b>	<b>135360</b>	<b>141240</b>

4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата работников непосредственно занятых выполнением НИИ, включает основную заработную плату и дополнительную (формула (4.8):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (4.8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.;

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (конструктора, инженера)

от предприятия рассчитывается по формуле (4.9):

$$Z_{осн} = Z_{дн} T_p , \quad (4.9)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.10):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.10)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течении года

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

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

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

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле (4.11):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}}, \quad (4.11)$$

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

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

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок ( $k_{\text{д}} = 0,2$ , т.е. 20% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент (для Томска  $k_{\text{р}} = 1,3$ ).

В таблице 4.11 представлен баланс рабочего времени

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Конструктор	Инженер
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней:			
- выходные дни	111	111	111
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени:			
- отпуск	24	24	24
- невыходы по болезни	7	3	10
Действительный годовой фонд рабочего времени ( $F_{\text{д}}$ )	209	213	206

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{с1} = 6000$  руб. на тарифный коэффициент  $k_{т}$ .

В таблице 4.12 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_{т}$	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{р}$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	12	2,423	14540	0.3	0.2	1.3	28350	1519	18	27342
Конструктор	11	2,242	13450	0.3	0.2	1.3	26230	1379	45	62055
Инженер	9	1.866	11200	0.3	0.2	1.3	21830	1187	44	52228
<b>Итого <math>Z_{осн}</math> :</b>										<b>141625</b>

В таблице 4.13 расчет основной заработной платы трех исполнителей.

Таблица 4.13- Расчет основной заработной платы В1 и других вариантов.

Наименование этапов			Исполнители по категориям			Трудо-емкость, чел.-дн.			Зар.плата на 1 чел.-дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1	В2	В3	В1	В2	В3
1			2			3	4	5	6			7	8	9
Разработка тех. задания			Руководитель			2	3	3	1519			3038	4557	4557
Выбор направления исследований			Руководитель			3	3	4	1519			4557	4557	6076
			Конструктор			10	13	15	1379			13790	17927	20680
			Инженер			15	21	26	1187			17805	24927	30860
Теоретическ.и эксперимен. исследования			Руководитель			1	1	1	1519			1519	1519	1519
			Конструктор			6	10	12	1379			8274	13790	16550
			Инженер			4	5	6	1187			4748	5935	7122
Обобщение и оценка результатов			Руководитель			4	5	5	1519			6076	7595	7595
			Конструктор			1	1	1	1379			1379	1379	1379
Разработка технической документации			Руководитель			2	3	3	1519			3038	4557	4557
			Конструктор			2	3	4	1379			2758	4137	5516
			Инженер			4	5	6	1187			4748	5935	7122
Изг.испытан. макета			Конструктор			6	7	8	1379			8274	9653	11030
			Инженер			3	4	4	1187			3561	4748	4748
Оформление отчета по НИР			Руководитель			2	2	2	1519			3038	3038	3038
			Конструктор			4	5	5	1379			5516	6895	6895
			Инженер			2	2	2	1187			2374	2374	2374
<b>Итого:</b>											<b>94493</b>	<b>123523</b>	<b>141625</b>	



#### 4.4.3. *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.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле (4.12):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{доп}}, \quad (4.12)$$

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

В таблице 4.14 приведен расчет дополнительной заработной платы.

Таблица 4.14 - Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
		В1	В2	В3	В1	В2	В3
Руководитель проекта	0.15	21266	25823	27342	3190	3873	4101
Конструктор	0.15	39991	53781	62055	5999	8067	9308
Инженер	0.15	33236	43919	52228	4895	6588	7834
<b>Итого</b>		<b>94493</b>	<b>123523</b>	<b>141625</b>	<b>14084</b>	<b>18528</b>	<b>21243</b>

#### 4.4.4. *Отчисления во внебюджетные фонды*

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле (4.13):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.13)$$

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

Значение коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды принимается равным  $k_{\text{внеб}} = 0,3$  (30%).

В таблице 4.14 представлен расчет отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 4.14 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	В1	В2	В3	В1	В2	В3
Руководитель проекта	21266	25823	27342	3190	3873	4101
Конструктор	39991	53781	62055	5999	8067	9308
Инженер	33236	43919	52228	4895	6588	7834
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.3					
<b>Итого:</b>						
В1	32573					
В2	42615					
В3	48861					

#### 4.4.5. Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и ксерокопирование, почтовые и телеграфные расходы и т.д.

Накладные расходы определяются по формуле (4.14):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) k_{\text{нр}}, \quad (4.14)$$

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

Значение коэффициента, учитывающего накладные расходы принимается равным  $k_{\text{нр}} = 0,16$  (16%).

В таблице 4.15 представлен расчет накладных расходов

Таблица 4.15- Накладные расходы

$k_{\text{нр}}$	Сумма предыдущих статей (1-7), руб.			Накладные расходы, руб		
	В1	В2	В3	В1	В2	В3
0.16	417735	822081	1408654	66838	131533	225385

#### 4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В таблице 4.16 представлен расчет бюджета затрат НИИ по каждому варианту исполнения.

Таблица 4.16 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	В1	В2	В3
1. Материальные затраты НИИ	1 435 404	1511136	1471308
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	94493	123523	141625
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14084	18528	21243
4. Отчисления во внебюджетные фонды	32573	42615	48861
5. Накладные расходы	66838	131533	225385
<b>6. Бюджет затрат НИИ</b>	<b>1 643 392</b>	<b>1 827 335</b>	<b>1 908 422</b>

#### 4.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (4.15):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.15)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта равна  $\Phi_{\text{max}} = 1\,908\,422$  руб.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (4.16):

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i b_i, \quad (4.16)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для

$i$ -го варианта исполнения разработки;

$n$  – число параметров сравнения;

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

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной

шкале оценивания.

В таблице 4.17 показан расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 4.17 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Вес.коэфф.п параметра	Объект исследования			Интегральный показатель ресурсоэффективности		
		В1	В2	В3	В1	В2	В3
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Энергоэффективность	0,11	4	3	2	0,44	0,33	0,22
2. Помехоустойчивость	0,03	5	4	3	0,15	0,12	0,09
3. Надежность	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
4. Унифицированность	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
5. Уровень материалоемкости разработки	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
6. Уровень шума	0,04	4	3	3	0,16	0,12	0,12
7. Безопасность	0,15	4	5	4	0,6	0,75	0,6
8. Простота эксплуатации	0,03	4	3	3	0,12	0,09	0,09
9. Ремонтопригодность	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
<b>Итого:</b>	<b>1</b>				<b>2,73</b>	<b>2,33</b>	<b>1,94</b>

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (4.17):

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р}i}}{I_{\text{финр.}i}} \quad (4.17)$$

Сравнительная эффективность проекта  $i$ -го исполнения относительно проекта ПР1 определяется по формуле (5.18):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.1}}} \quad (4.18)$$

В таблице 4.18 показана сравнительная эффективность разработки.

Таблица 4.18 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	В1	В2	В3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,861	0,957	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,73	2,33	1,94
Интегральный показатель эффективности	3,17	2,43	1,94
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,63	1,25	1

**Вывод:** в результате сравнения интегральных показателей эффективности, наиболее эффективный вариант решения технической задачи по оборудованию системы воздушного отопления системой автоматического регулирования с позиции финансовой и ресурсной эффективности относится к разработке В1

## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### **Аннотация**

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

### **Введение**

Согласно техническому заданию предполагается автоматизировать агрегат воздушного обогрева для регулирования температуры.

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника где установлено технологическое оборудование. Рабочее место представляет собой вентиляционную камеру

По характеру физической нагрузки согласно ГОСТ 12.1.005–88 [10] работа инженера относится к разряду легких. При этом длительная работа в помещении при плохой вентиляции, повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении неблагоприятно сказывается на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

В ВКР рассматривается автоматизация системы воздушного обогрева. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

Рабочей зоной является помещение площадью 15 м<sup>2</sup>. В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на сотрудника, разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

## **5.1 Производственная безопасность.**

### **5.1.1 .Анализ вредных и опасных факторов**

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в значительной мере зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. Опасные производственные факторы - факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводят к травме или другим профессиональным заболеваниям. Вредным производственным фактором называется такой, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74[11] «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 5.1.

Вредными и опасными физическими производственными факторами, характерными для данного объекта являются:

- высокий уровень шума и вибраций,
- интенсивное электромагнитное поле промышленной частоты,
- вероятность поражения электрическим током [13]
- отсутствие или недостаток естественного света;

Таблица 5.1 Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Выполнение визуальных осмотров всех основных и вспомогательных механизмов до начала их использования при выполнении работ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Отсутствие или недостаток естественного света;</li> <li>Электромагнитное излучение;</li> <li>Повышенный уровень шума.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Электрический ток.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;</li> <li>Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95;</li> <li>Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;</li> <li>Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ.</li> </ul>

### 5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

При внедрении системы автоматического управления играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени обслуживающего персонала.



Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, помещение венткамеры по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений с повышенной опасности (согласно ПУЭ).

Основным опасным производственным фактором на рабочем месте оператора поста управления является высокое напряжение под действием которого находится оборудование.

### **5.1.3 Основные мероприятия по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов.**

#### **5.1.3.1 Микроклимат**

Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов внутренней среды помещения, которые оказывают влияние на здоровье человека [10]. Основные факторы, характеризующие микроклимат помещения, устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 [12]. К ним относятся:

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

Согласно вышеуказанному документу [12], работа оператора АСУ относится к категории работ 1а, так как основная часть работы происходит с

использованием ПЭВМ. В зависимости от категории тяжести работ определяются значения показателей микроклимата.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных микроклиматических условиях обеспечивается сохранение нормального функционального и теплового состояния организма, создаются предпосылки для высокого уровня трудоспособности.

Допустимые и оптимальные значения показателей микроклимата для теплого периода года (плюс 10 °С и выше) и для холодного периода года для категории работ 1а представлены в таблице 2.

При этом, если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ.

Таблица 14 – Оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата (СанПин 2.2.4.548-96 [12])

Тип величины	Период года	Температура а воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальный	Холодный	21-23	20-24	40-60	0,1
	Тёплый	22-24	21-25		
Допустимый	Холодный	19-24	18-25	15-75	0,1-0,2
	Тёплый	20-28	19-29		0,1-0,3

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

### 5.1.3.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света.

Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости. Согласно действующим Санитарным правилам [13], искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 — 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Прямую блескость от источников освещения следует ограничить. Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м<sup>2</sup>.

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

### 5.1.3.3 Повышенный уровень шума.

Основные параметры шума (ГОСТ 12.1.003-83.ССБТ):

- Звуковое давление, дБ (ГОСТ 12.1.012-90.ССБТ);
- Колебательная скорость, м/с;
- Интенсивность, Вт/м;
- Частота, Гц.

Таблица 6.2 - Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни среднеквадратичных звуковых давлений								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	*
Помещения конструкторских бюро	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Подсобные рабочие места и рабочие зоны	99	92	86	83	80	78	76	74	80

- уровень звукового эквивалента, дБ;
- Защита от производственного шума (ГОСТ 12.1.029-80.ССБТ);
- применение средств звукоизоляции, снижение шума вентиляционных установок, внедрение малошумящих технологий.

Вибрация оценивается с помощью следующих параметров:

1. Амплитуда смещения, м;
2. Колебательная скорость, м/с;
3. Колебательное ускорение, м/с<sup>2</sup>;
4. Частота, Гц.

Электроустановки являются источником общих и локальных технологических вибраций (действие на операторов стационарных машин).

Одним из методов уменьшения шума на оборудовании воздушного отопления является снижение или ослабление шума в его источниках - в, вентиляторах, а также шума возникающим от трения воздуха в воздуховодах.

В машинах часто причиной недопустимого шума является износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т. п. Поэтому в

процессе эксплуатации всех видов машин необходимо выполнять соответствующие Правила технической эксплуатации. Ненормальный повышенный шум, создаваемый вентиляционными установками и электрическими машинами, часто бывает по причине неплотного стягивания муфт крепления валов, некачественная сборка подшипников, а в электродвигателях - при их перегрузке или работе при обрыве одного фазного провода в питающей цепи. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума.

Строительные нормы и правила предусматривают защиту от шума строительно-акустическими методами. При этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

а) звукоизоляция ограждающих конструкций; уплотнение по периметру притворов окон, ворот, дверей; звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций инженерными коммуникациями; устройство звукоизолированных кабин наблюдения и дистанционного управления; укрытия; кожухи;

б) звукопоглощающие конструкции и экраны;

в) глушители шума, звукопоглощающие облицовки в газоздушных трактах вентиляционных систем с механическим побуждением и систем кондиционирования воздуха, а также газодинамических установок. В данной системе с этой целью установлен пластинчатый шумоглушитель на выходе воздуха из вентиляционного отопительного агрегата.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука.

Одним из эффективных средств защиты от вибрации рабочих мест, оборудования и строительных конструкций является виброизоляция, представляющая собой упругие элементы, размещенные между вибрирующей машиной и основанием. Для виброизоляции электродвигателей применяют пружинные амортизаторы. Для уменьшения вибрации кожухов, ограждений и

других деталей, выполненных из стальных листов, применяют вибропоглощение - нанесение на вибрирующую поверхность резины, пластика, вибропоглощающих покрытий достигается также значительное снижение уровня производственного шума. [9]

В качестве индивидуальной защиты от вибраций, передаваемых человеку через ноги, рекомендуется носить обувь на войлочной или толстой резиновой подошве. Для защиты рук рекомендуются виброгасящие перчатки.

### 5.1.3.3 Электромагнитное излучение.

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 обратимый характер.

В данном проекте источником электромагнитных полей являются вентиляторы отопительной установки.

Нормы уровней электрических полей приведены в ГОСТ 12.1.002-84.ССБТ.

Таблица 6.3 - Допустимая длительность пребывания в электромагнитном поле

Напряженность поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания человека в течении суток в электрическом поле, мин
5	без ограничения
10	180
15	90
20	10
25	5

Примечание: Нормативы по п. 2, 3, 4, 5 действительны при условии:

а) остальное время рабочего дня человек находится в местах, где напряженность электрического поля меньше или равно 5 кВ/м;

б) исключена возможность воздействия на организм человека электрических разрядов.

Различают ближнюю, промежуточную и дальнюю зоны области распространения электромагнитных волн. Степень воздействия электромагнитного поля зависит от фазы, интенсивности воздействия, времени воздействия, размеров облучаемой поверхности, индивидуальных особенностей человека.

Применение средств индивидуальной защиты. Одними из средств защиты от электромагнитного поля являются экранирующие устройства, которые в зависимости от их конструкции и размеров, а также от места и условий размещения могут служить индивидуальными или коллективными средствами защиты людей от воздействия электрического поля при работах в действующих электроустановках промышленной частоты сверхвысокого напряжения. Экранирующие устройства обеспечивают снижение напряженности электрического поля в защищаемом пространстве до значения менее 5 кВ/м. Они в зависимости от их назначения и исполнения подразделяются на стационарные и переносные.

Стационарные экранирующие устройства являются неотъемлемой частью конструкции электроустановки и предназначены для защиты персонала при эксплуатационных работах (осмотрах оборудования, оперативных переключениях, выполнении обязанностей наблюдающего за производством работ), а также при выполнении текущих и капитальных ремонтов выключателей и некоторых других работ. Они изготавливаются из металла в виде плоских щитов - козырьков, навесов и перегородок.

Переносные экранирующие устройства предназначены для защиты персонал, выполняющего в течение длительного времени эксплуатационные, ремонтные или монтажные работы на участках действующей электроустановки, не защищенных стационарными экранами. Они

изготавливаются в виде переносных или передвижных козырьков, навесов, перегородок, щитов, палаток и подобных им устройств из тех же материалов, что и стационарные экраны.

Заземление экранирующих устройств является исключительно важным для создания защитной зоны, поэтому оно должно выполняться особенно надежно. Каждый экран заземляется посредством присоединения его не менее чем в двух точках к контуру заземления электроустановки или к заземленным металлическим конструкциям.

#### **5.1.3.4 Электрический ток.**

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

Более того, его, возможно, будет притягивать к опасному месту. Под действием переменного тока мышцы периодически сокращаются с частотой тока. Больше всего от действия электрического тока страдает центральная нервная система. Ее повреждение ведет к нарушению дыхания и сердечной деятельности. Смерть обычно наступает вследствие остановки сердца, или прекращения дыхания, или того и другого вместе.

Согласно ПУЭ пост управления по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений с повышенной опасности.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления [16]. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.



В качестве организационных мероприятий оператору во время работы запрещается [8]:

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

## **5.2. Экологическая безопасность.**

### **5.2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.**

Разрабатываемая система автоматического регулирования температуры оказывает влияние на энергопотребление, снижая его.

Рассмотрим влияние САР на окружающую среду.

Снижение энергопотребления оказывает существенное влияние на природную среду, оказывая положительное действие.

### **5.2.2. Анализ влияния процесса эксплуатации на окружающую среду.**

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы

### **5.2.3.Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.**

Для решения вопросов эффективности экологического контроля и управления, соблюдения природоохранных норм и правил необходимо руководствоваться «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации». [8]

В связи с тем, что работа вентиляционной вытяжной системы связана с выделением значительного количества газообразных и пылевых веществ, она оказывает большее влияние на атмосферу по сравнению с воздействием на гидросферу и почву. Учитывая это, для снижения техногенного воздействия объекта предлагается ряд мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

1. Рассмотреть возможность модернизации или замены существующего технологического оборудования вентиляционной установки, для снижения выбросов газообразных веществ в атмосферу.
2. Разработать меры по снижению потери тепла путем установки устройства рекуперации воздуха.
3. Регулярно проводить наблюдения за качеством ливневых и талых сточных вод, а также воды в близлежащих реках и водоемах.
4. Регулярно проводить отбор и анализ проб почв для строгого контроля за их состоянием.

### **5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Чрезвычайные ситуации – это обстоятельства, возникающие в результате аварий, катастроф, стихийных бедствий, диверсий или иных факторов, при которых наблюдается резкое отклонение протекающих явлений и процессов от нормальных, что оказывает отрицательное воздействие на жизнеобеспечение, экономику, социальную сферу и природную среду.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

### **5.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение и венткамера относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- наличие горючей пыли (некоторые осевшие пыли способны к

самовозгоранию);

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции;

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают [18]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В офисном помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5.
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

На Приложении 5.1 показан план эвакуации при пожаре и других

чрезвычайных ситуациях.

## **5.4. Организационные мероприятия обеспечения безопасности.**

### **5.4.1 Эргономические требования к рабочему месту**

Обслуживающий электротехнический персонал должен иметь специальную отведенную комнату отдыха.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

При 8-часовой рабочей смене регламентированные перерывы следует устанавливать через 2 часа от начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы (микропаузы) длительностью 1-3 минуты. Регламентированные перерывы и микропаузы целесообразно использовать для выполнения комплекса упражнений и гимнастики для глаз, пальцев рук, а также массажа. Комплексы упражнений целесообразно менять через 2-3 недели.

### **5.4.2 Окраска и коэффициенты отражения**

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

- потолок - белый или светлый цветной;
- стены - сплошные, светло-голубые;
- пол - темно-серый, темно-красный или коричневый.

При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

## **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения Безопасности.**

### **5.4.1 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

В соответствии с Перечнем вредных и (или) опасных производственных факторов, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), утвержденным приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 августа 2004 г. и СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03 [15], обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры .

### **5.4.2 Заключение с работниками коллективного договора.**

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;

- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;
- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими

нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;

- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Обеспечивать за счет средств работодателя:

- Проведение инструктажей по охране труда, обучение лиц, поступающих на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение периодического обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в период работы.
- Проведение обязательных периодических медицинских осмотров (обследований) работников, в том числе женщин в женской консультации, в рабочее время по графику медицинских осмотров, с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров.



- Наличие на производственных участках аптечек для оказания первой помощи пострадавшим и обработки микротравм; наличие в аптечках рекомендованного МЛПУ «Городская клиническая больница №1» перечня средств и медикаментов, их ежегодную замену.
- Выдачу молока работникам Общества в дни фактического выполнения работ, в том числе при выполнении работ временными ремонтными бригадами на местах с наличием вредных факторов в соответствии с медицинскими показаниями в количестве:
  - при длительности смены до 8 часов – 0,5 л (1 талон);
  - при длительности смены 11,5 часов – 0,75 л (3 талона на две смены).
- На горячих участках и участках с вредными условиями труда обеспечивать работников сухим чаем из расчета 8 грамм на одного человека в смену. Списки работников, которым необходимо выдавать чай, утверждаются совместным постановлением работодателя и профкома.
- На работах, связанных с загрязнением, выдавать бесплатно банное мыло по норме 400 грамм на одного человека в месяц.
- Выдачу работникам защитных паст в дни работы на основании перечня, утвержденного совместным постановлением работодателя и профкома.
- Бесплатную выдачу витаминных препаратов работникам, подвергающимся воздействию высокой температуры окружающей среды и интенсивному теплооблучению при выполнении работ с особо вредными условиями труда в соответствии со списками, утвержденными совместным постановлением работодателя и профкома.

- Дополнительное страхование работников от несчастных случаев на производстве.

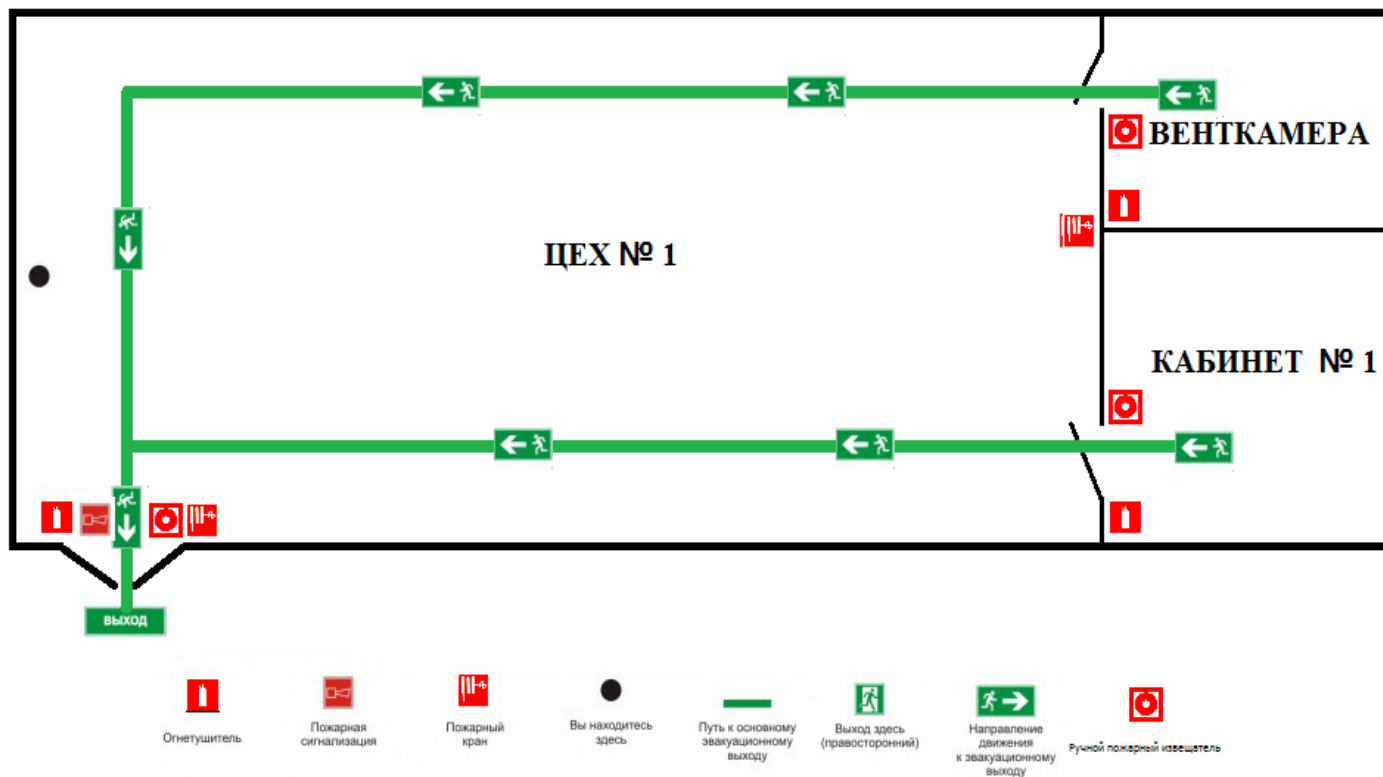
Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя, принимаемыми по согласованию с профкомом.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору.

# Приложение 1

## План эвакуации при пожаре из помещений "ООО Ямса"

Утверждаю:  
Ген директор "ОО Ямса" Потапов А.Б.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате выполненной работы была разработана система автоматического регулирования температуры в помещении. В ходе работы был проведен анализ теоретических принципов построения САР систем вентиляции. Было составлено техническое задание на разработку системы автоматического управления температурой. Изучен технологический процесс. В ходе составления математической модели системы были спроектированы функциональная и структурная схемы. Для поддержания заданного температурного параметра был разработан алгоритм САР и выбран тип регулятора.

В экономической части был проведен анализ наиболее эффективного варианта компоновки регулятора и обоснование ресурсосберегающей части проекта. Был проведен SWOT-анализ и расчет заработной платы исполнителей с отчислениями во внебюджетные фонды. Также был проведен анализ материальных затрат данного проекта.

Данный проект был всецело изучен на предмет безопасности и жизнедеятельности человека, выявлены возможные вредные факторы производства. Был проведен анализ его негативного влияния на экологию и приняты меры по нейтрализации этого влияния.

Спроектированная система автоматического регулирования выполняет все требования технического задания, выполняет необходимые функции по автоматизации поддержания температуры в производственном помещении, имеет экономическое обоснование, а также безопасность с точки зрения экологии и жизнедеятельности человека.

## CONCLUSION.

As a result of the work done, a system of automatic regulation of the room temperature was developed. In the course of the work, an analysis was made of the theoretical principles for constructing ACS ventilation systems. A technical task was developed for the development of an automatic temperature control system. The technological process is studied. During the compilation of the mathematical model of the system, a functional and structural scheme was designed. To maintain a given temperature parameter, the ACS algorithm was developed and the controller type was chosen.

In the economic part, the analysis was carried out of the most effective version of the regulator's layout and the rationale for the resource-saving part of the project. SWOT analysis and payroll calculation of executors with deductions to off-budget funds was carried out. The material costs of this project were also analyzed.

This project was thoroughly studied for safety and life activity of the person, possible harmful factors of production were identified. An analysis of its negative impact on the environment was conducted and measures were taken to neutralize this influence.

The designed automatic control system fulfills all the requirements of the technical task, performs the necessary functions to automate the maintenance of temperature in the production room, has an economic justification, and also safety from the point of view of the environment and human activity.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Бондарь Е.С. и др. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха // К.: «Аванпост-Прим», – 2005. –561с.
2. СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации.
3. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. Солодовников В.В. и др., Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1985. –535с.
5. Гордиенко А.С., Сидельник А.Б., Цибульник А.А., Микропроцессорные контроллеры для систем вентиляции и кондиционирования // С.О.К.- 2007, № 4-5.
6. Назаренко О.Б. Расчет искусственного освещения: методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2005.
7. Креницына З.В. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие /З.В. Креницына, И.Г. Видяев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.
8. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. – 560с.
9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
10. Комиссарчик В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие. – Тверь :ТГТУ, 2001. –247с.
11. Шаповалова Н.В. Организационно – экономическая часть выпускной квалификационной работы: методические указания для студентов всех специальностей. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
12. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
13. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация.

14. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х частях. Часть 3, Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 1, М.: Стройиздат 1992
15. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Часть 2. М.: Издательство литературы по строительству. 1967г.
16. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3-х частях. Часть 3, Вентиляция и кондиционирование воздуха. Книга 2, М.: Стройиздат 1992г.