

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

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА</b>

УДК 681.536.5:697.112.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГН ШБИП	Клемашева Елена Игоревна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель специализации ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Ю.К.	К.Т.Н.		

**Планируемые результаты выпускника освоения образовательной программы  
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
<b>ОПК(У)-2</b>	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
<b>ПК(У)-2</b>	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
<b>ПК(У)-3</b>	Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве
<b>ПК(У)-10</b>	Готовность к участию в работах по освоению, доводке и сопровождению технологических процессов

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

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель специализации ООП  
 \_\_\_\_\_ Ю.К. Атрошенко  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7В	Леонтьеву Марку Михайловичу

Тема работы:

<b>АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ПОМЕЩЕНИЯХ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 117-60/с от 27.04.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2021 года
--	------------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом автоматизации является жилой двухэтажный дом, расположенный на территории Томского р-на Томской области.</p> <p>Характеристики объекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– площадь дома 498,2 кв. м;</li> <li>– тепловая нагрузка на нужды отопления 0,0421 Гкал/ч;</li> <li>– тепловая нагрузка на нужды ГВС 0,0266 Гкал/ч.</li> <li>– параметры теплоносителя 85/65 °С.</li> </ul> <p>Система отопления двухтрубная, с прокладкой трубопроводов в полах этажей здания.</p>
---	--

	Система регулирования должна обеспечивать покомнатное поддержание температуры.
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание объекта автоматизации;</li> <li>2. Описание системы регулирования;</li> <li>3. Разработка функциональной схемы АСР;</li> <li>4. Разработка принципиальной электрической схемы;</li> <li>5. Разработка монтажной схемы АСР;</li> <li>6. Разработка общего вида щита КИПиА;</li> <li>7. Разработка прикладного программного обеспечения;</li> <li>8. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение;</li> <li>9. Социальная ответственность;</li> </ol> <p>Заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема структурная АСР;</li> <li>2. Схема функциональная АСР;</li> <li>3. Схема принципиальная электрическая АСР;</li> <li>4. Схема монтажная;</li> <li>5. Общий вид щита КИПиА;</li> <li>6. Перечень элементов щита КИПиА.</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент</b>	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Клемашева Елена Игоревна
<b>Социальная ответственность</b>	Ассистент ООД ШБИП Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	29.01.2021 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Ю.К. Атрошенко	к.т.н.		29.01.21

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович		29.01.21

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 с., 30 рисунков, 42 таблицы, 43 источника, 11 л. графического материала.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования (АСР), водогрейный котел, температура воздуха, технические средства автоматизации.

Цель работы – разработка АСР температуры воздуха в помещениях с использованием современных технических средств автоматизации.

В данной работе выбрана структура автоматической системы регулирования, разработана функциональная схема, принципиальная электрическая схема, монтажная схема и общий вид щита КИПиА, выбраны технические средства автоматизации и составлена заказная спецификация. Также разработано прикладное программное обеспечение среднего и верхнего уровня для разработанной системы.

После разработки системы выполнена оценка коммерческой ценности проекта, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

## Оглавление

Введение.....	8
1 Описание объекта автоматизации.....	10
2 Описание системы регулирования.....	14
3 Разработка функциональной схемы АСР.....	22
4 Выбор технических средств и составление спецификации.....	26
4.1 Выбор датчиков температуры.....	26
4.2 Выбор сервоприводов.....	28
4.3 Выбор контроллера.....	29
5 Разработка принципиальной электрической схемы АСР.....	31
5.1 Элементы и устройства подсистемы питания.....	31
5.2 Элементы и устройства для подсистемы ввода аналоговых сигналов.....	34
5.3 Элементы и устройства для подсистемы вывода дискретных сигналов.....	38
6 Разработка монтажной схемы АСР.....	40
7 Разработка общего вида щита КИПиА.....	42
8 Разработка прикладного программного обеспечения среднего уровня....	44
8.1 Описание кода программы.....	44
8.2 Описание графического интерфейса.....	52
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	64
9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	64
9.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	64
9.1.3 SWOT-анализ.....	67
9.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	70
9.1.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	70
9.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	71
9.1.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	72
9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	76
9.3.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	76
9.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	76

9.3.3	Основная заработная плата исполнителей проекта .....	77
9.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	79
9.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..	80
9.3.6	Услуги сторонних организаций.....	81
9.3.7	Накладные расходы .....	81
9.3.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	82
9.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	83
	Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	85
10	Социальная ответственность .....	89
10.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	89
10.2	Производственная безопасность .....	90
10.2.1	Анализ вредных и опасных факторов.....	90
10.2.2	Обоснование мероприятий по предотвращению и снижению вредных и опасных факторов .....	94
10.3	Экологическая безопасность .....	95
10.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	96
	Вывод по разделу «Социальная ответственность».....	97
	Заключение .....	98
	Список использованных источников .....	100

Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.012 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.012 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.012 Э3	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.012 Э4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.012 ВО	Общий вид щита КИПиА

## Введение

Современное жилье состоит из множества инженерных коммуникаций и электронных устройств. В систему инженерных коммуникаций входят множество подсистем: подсистема холодного и горячего водоснабжения, подсистема отопления, подсистема вентиляции, подсистема регулирования влажности и подсистема освещения (электричества). К электронным устройствам можно отнести подсистему сигнализации, телевизор, кондиционер и т.д.

Для того, чтобы обеспечить максимально комфортные условия проживания, необходимо, в первую очередь, поддерживать температуру, влажность, уровень освещенности и содержание углекислого газа в помещении на комфортном для человека уровне. Нормальные температурные режимы для человеческого организма обеспечиваются поддержанием в помещениях температуры воздуха не ниже  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Оптимальные тепловые условия наблюдается при температуре воздуха в диапазоне от плюс 20 до плюс  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  [1] и не менее однократного в 1 ч воздухообмена [2]. Оптимальный уровень относительной влажности находится в диапазоне от 45 до 30 процентов [1]. Согласно ГОСТ [1] оптимальное содержание  $\text{CO}_2$  для жилых помещений – до 400 ppm. Освещенность для жилого помещения не должна быть менее 150 лк [3].

Поддерживать заданные параметры освещенности и микроклимата внутри помещения «вручную» весьма затруднительно. Чтобы это обеспечить, используются системы автоматического регулирования (САР), которые в некоторых случаях объединяются под управлением одного контроллера в концепции «умного» дома (Smart House).

«Умные» дома также позволяют экономить ресурсы, затрачиваемые подсистемами инженерных коммуникаций. Например, система автоматического включения/выключения света, реагирующая на присутствие человека в помещении, будет экономить ресурс приборов освещения и затрачиваемую электроэнергию при отсутствии человека. В качестве другого примера может

быть приведена система регулирования температуры внутри помещений в частном доме при газовом отоплении. Расход потребляемого газа будет зависеть от температуры наружного воздуха и не будет возникать ситуаций, когда систему отопления «перетопили». Как итог, домовладелец получает комфортную температуру и сэкономленные на газе средства.

Целью настоящей работы является разработка одной из подсистем комплексного управления коммуникациями жилого дома – системы автоматического регулирования температуры воздуха в помещениях.

## 1 Описание объекта автоматизации

В рамках этой работы будет рассматриваться проектирование такой системы отопления. В качестве объекта, для которого в дальнейшем будет разрабатываться система автоматического регулирования теплоснабжения, выбран индивидуальный двухэтажный жилой дом, расположенный в Томской области.

Технические показатели данного объекта указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики показатели жилого дома

Наименование	Единицы измерения	Количество
Площадь застройки	м <sup>2</sup>	370,76
Этажность	эт.	2
Площадь 1-го этажа	м <sup>2</sup>	308,10
Площадь 2-го этажа	м <sup>2</sup>	190,10
Площадь здания	м <sup>2</sup>	498,20
Строительный объем, в том числе: строительный объем выше 0,000	м <sup>3</sup>	2990
Материал здания	кирпич	-

На первом этаже располагаются преимущественно нежилые помещения: спортзал, веранда, кухня, котельная, мастерская, гараж, кладовая, постирочная, санузел. Соотношение площадей жилых/нежилых помещений равно 0,25.

На втором этаже располагаются преимущественно жилые помещения: комната, игровая, две детские. Соотношение площадей жилых/нежилых помещений равно 1,31.

Отопление дома предусмотрено от настенного газового котла NAVIEN GSK-55K, установленного в помещении котельной. Газ подводится прямо к котлу. Настенный газовый котел представляет собой компактную,

полностью укомплектованную микрокотельную, предназначенную для отопления и горячего водоснабжения. В котле предусмотрен высокий уровень безопасности:

- защита от закипания;
- тройная защита от перегрева;
- датчик утечки газа;
- защита от затухания (задувания) пламени системой перезапуска котла;
- защита от замерзания;
- защита от закипания ротора циркуляционного насоса;
- система защиты вентиляции;
- высокая огнестойкость корпуса.

Регулирование мощности – плавное автоматическое.

Вывод продуктов горения газа из котла, забор наружного воздуха для горения выполняется при помощи коаксиального дымохода. Внутренняя труба диаметром 60 мм служит для вывода дымовых газов от котла и для подогрева межтрубного пространства. Внешняя труба диаметром 100 мм служит для забора воздуха с улицы.

Система отопления однотрубная с нижней разводкой, поэтажная, в гараже – двухтрубная с нижней разводкой. Параметры теплоносителя 80/40 °С.

В качестве приборов отопления используются алюминиевые радиаторы типа EXTRA THERM с тепловой мощностью 184,2 Вт/секцию.

Регулирование теплоотдачи нагревательных элементов осуществляется при помощи арматуры фирмы «Данфосс».

Удаление воздуха из системы предусмотрено через краны Маевского и автоматические воздухоотводчики.

Вентиляция предусмотрена приточно-вытяжная с естественным побуждением через каналы в стенах и далее шахты.

Кратность воздухообмена составляет (3 м<sup>3</sup>/ч) на 1 м<sup>2</sup> площади. Приток воздуха – неорганизованный через фрамуги окон и клапан КИВ, который предусмотрен в котельной.

Требуемые параметры температуры в помещениях приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Оптимальные и допустимые нормы температуры в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С	
		опт.	доп.	опт.	доп.
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)
Тёплый		22-25	20-28	22-24	18-27

Результаты теплового расчета здания приведены в таблице 3. Значения столбца номер 3 в дальнейшем будут необходимы для задания оптимальных температур при программировании контроллера.

Таблица 3 – Результаты теплового расчета

Этаж	Название помещения	Расчетная температура помещения, °С	Требуемая тепловая мощность, Вт	Количество секции радиатора
1	Гараж	+16	6454	38
1	Котельная	+18	1201	8
1	Спортзал	+18	4822	29
1	Гостевая	+21	1949	9
1	Мастерская	+18	771	5
1	Веранда	+21	4334	15
1	Кухня	+19	1976	10

Продолжение таблицы 3

Этаж	Название помещения	Расчетная температура помещения, °С	Требуемая тепловая мощность, Вт	Количество секции радиатора
1	Гостиная	+21	6127	27
1	Холл	+19	526	4
1	Кабинет	+21	2854	13
2	Детская	+23	2321	16
2	Санузел	+21	803	5
2	Гардероб	+19	2901	15
2	Комната	+21	3376	22
2	Ванная	+23	3586	15
2	Игровая	+21	2194	19
2	Детская	+23	2789	5
2	Холл	+19	700	5

## 2 Описание системы регулирования

Автоматическая система регулирования температуры в помещениях должна удовлетворять следующим требованиям:

- регулирование температуры внутри помещения в заданных пределах;
- простота реализации;
- возможность оперативной замены вышедшего из строя оборудования;
- отклонение температуры в стационарном режиме суммарно не должно превышать 0,5 °С;
- возможность непосредственного подключения термопреобразователей сопротивления к контроллеру;
- контроль температур и задание сигналов при помощи смартфона.

Регулирование в зависимости от автономности работы бывает ручным и автоматическим.

Ручное регулирование предполагает участие человека, который будет осуществлять перемещение положений регулирующих вентилей радиаторов и газопроводов в случае отопления дома газовым котлом. К достоинствам ручного регулирования можно отнести отсутствие средств на его реализацию. К недостаткам можно отнести невозможность регулировать температуру в ночное время и при отсутствии людей дома. Следствием этих недостатков будут «перетопы» или «недотопы», а, значит, излишние денежные затраты на энергоресурсы, снижение уровня комфорта, возможность чрезмерного охлаждения системы отопления. Также такой способ регулирования является неудобным при частых колебаниях температуры наружного воздуха, так как придется непрерывно отслеживать эти изменения и компенсировать их регулированием теплотребления. Человек в такой ситуации будет уставать от монотонных операций, что также является недостатком такого регулирования [4].

В зависимости от способа изменения тепловой нагрузки, системы регулирования температуры подразделяются на качественные, количественные и смешанные.

Качественное регулирование предполагает изменение температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха [4]. Этого можно достичь, например, изменением расхода газа в газовом котле. Современные котлы, как правило, уже имеют интегрированные датчики температуры наружного воздуха и температуры теплоносителя в прямой сети. При правильном расчете теплопотребления здания такая система будет пропорционально изменять температуру теплоносителя в подающем трубопроводе при изменении температуры наружного воздуха. Этот коэффициент пропорциональности называется наклоном отопительной кривой. Он показывает на сколько градусов увеличится температура теплоносителя в подающем трубопроводе при изменении температуры наружного воздуха на 1 °С. Например, если наклон отопительной кривой равен 2, то при понижении температуры наружного воздуха на 10 °С температура теплоносителя на подаче должна увеличиться, соответственно, на 20 °С. Семейство температурных кривых с различным наклоном изображено на рисунке 1 [4].

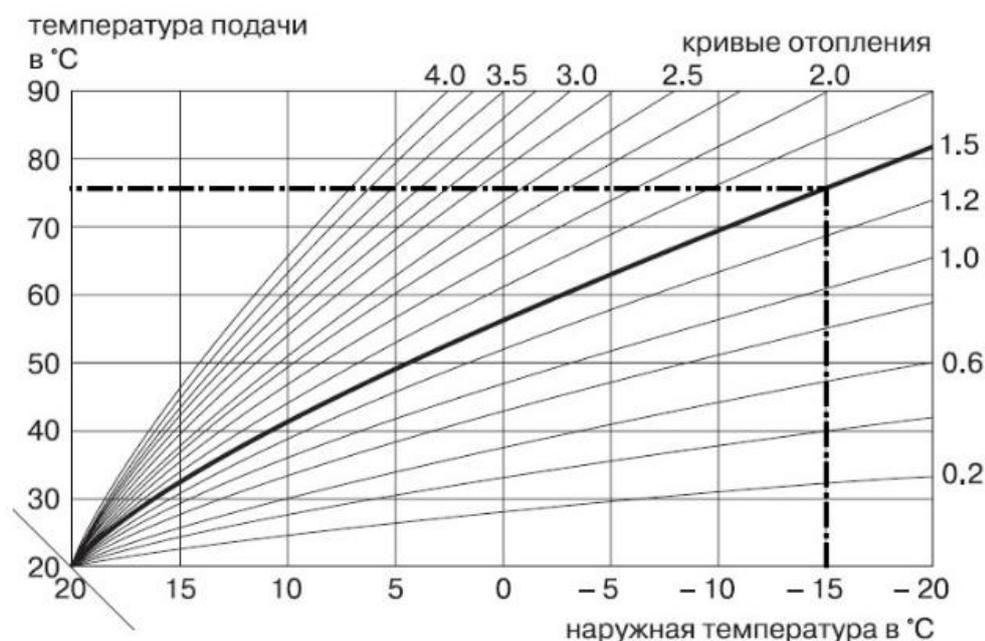


Рисунок 1 – Отопительные кривые с различным наклоном

Качественный способ регулирования может быть реализован с помощью котла с погодозависимой автоматикой и датчика температуры наружного воздуха (рисунок 2) [4].

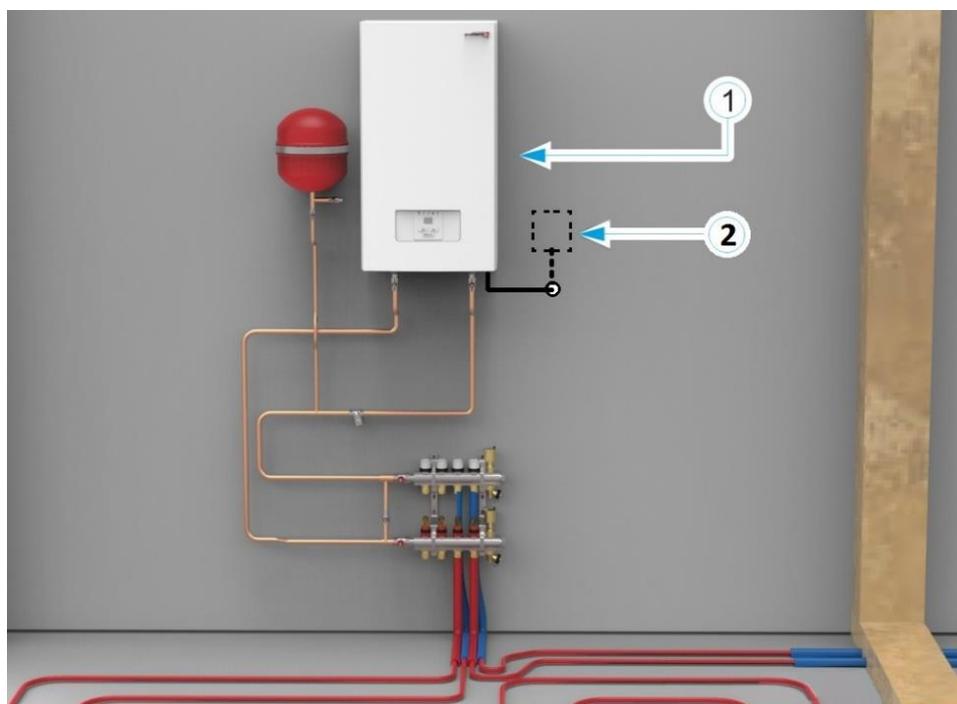


Рисунок 2 – Схематичное изображение системы качественного регулирования температуры

Датчик температуры наружного воздуха 2 изображен штриховой линией, так как он вынесен за стену. При изменении температуры наружного воздуха этот датчик формирует соответствующий этому изменению токовый сигнал на автоматику газового котла 1, которая по заданному в программе алгоритму изменяет расход газа таким образом, чтобы температура на подающем трубопроводе соответствовала рассчитанному при проектировании наклону температурной кривой.

Достоинства качественного погодозависимого автоматического регулирования температуры:

- повышенный уровень комфорта и экономия ресурсов по сравнению с ручным регулированием;
- бюджетность относительно других систем автоматического регулирования температуры;

- простота сборки (нужны лишь датчик наружного воздуха и датчик температуры подающего трубопровода).

Недостатки качественного погодозависимого автоматического регулирования температуры:

- требуется повышенная точность при расчете теплотерь;
- не учитываются местные притоки теплоты;
- не учитывается влияние ветра на температурный режим здания;
- трудность перенастройки температуры в отдельных комнатах;
- непрерывная циркуляция теплоносителя, из-за чего сокращается ресурс насосного оборудования;
- отопительные кривые различны для разных помещений, что отразится на разной скорости прогрева комнат.

Количественное регулирование заключается в изменении расхода теплоносителя в зависимости от температуры внутри комнаты при фиксированной температуре теплоносителя [4]. Этого можно достичь, в простейшем случае, установкой термоголовок на отопительные приборы при условии радиаторного отопления. Головки (рисунок 3) будут поддерживать температуру, соответствующую установленному значению [5]. При этом, как говорилось ранее, температура в системе отопления в данном случае задается в ручном режиме на котле и не зависит от температуры наружного воздуха. Стоит отметить, что в данном случае осуществляется зональное (покомнатное) регулирования температуры.

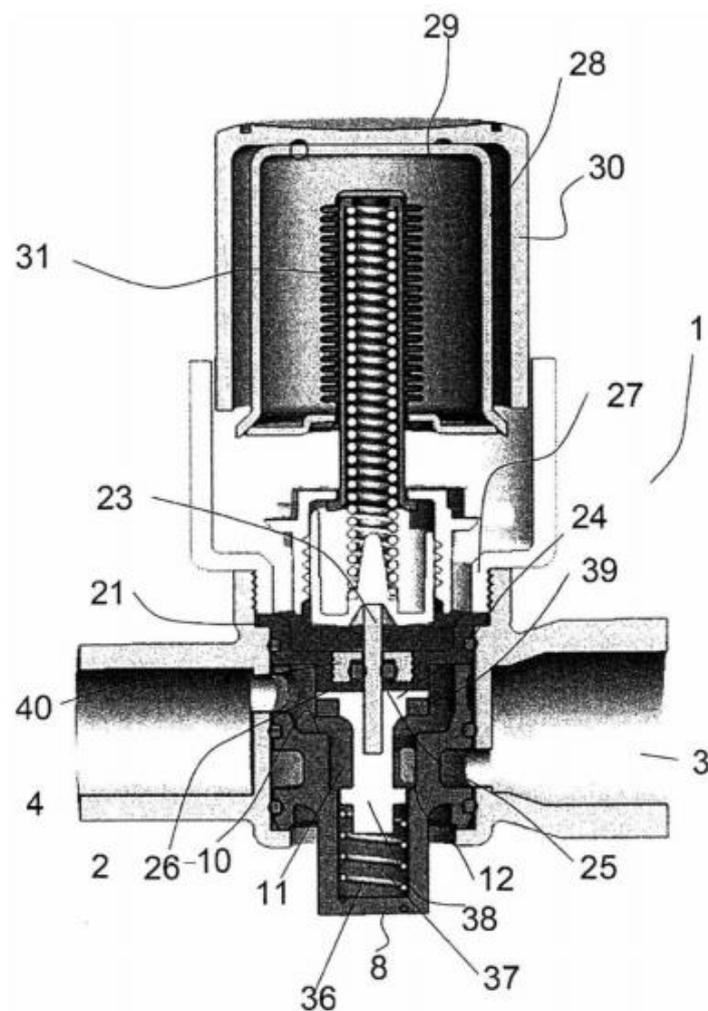


Рисунок 3 – Внутреннее устройство термоголовки

Принцип работы можно описать следующим образом. Гофрированная мембрана 31 в зависимости от температуры наружного воздуха изменяет свою длину, увлекая за собой стержень 23, соединенный с клапанным элементом 24. Этот клапанный элемент перекрывает отверстие канала 11, регулируя тем самым поток теплоносителя, протекающий через данное устройство.

Достоинства количественного автоматического регулирования температуры:

- более точное, по сравнению с качественным регулированием, поддержание температуры помещения;

- учет внешних (идущих не со стороны отопительной системы) поступлений теплоты, так как используется принцип регулирования «по отклонению»;
- возможность устанавливать различные температурные режимы в комнатах в зависимости от времени суток;
- простая и понятная настройка нужной температуры внутри помещения;
- более длинный, по сравнению с качественным способом регулирования, срок службы насосного оборудования;
- возможность нивелировать ошибки, допущенные при проектировании системы отопления.

Недостатки количественного автоматического регулирования температуры:

- необходимость периодически устанавливать температуру на подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха;
- при установке температуры теплоносителя, соответствующей расчетной температуре наружного воздуха:
  - Более быстрый износ полимерных труб;
  - Некомфортная температура поверхностей радиаторов;
  - Неполное использование преимущества конденсационных газовых котлов.

Но даже в этом случае температура воздуха будет той, которая выставлена на термостатических регуляторах.

О комбинированном способе можно сказать то, что он совмещает в себе преимущества обоих способов регулирования (покомнатное и погодозависимое регулирование температуры), но при этом является самым дорогим в плане его реализации [4]. Схематичное изображение комбинированной системы автоматического регулирования температуры представлено на рисунке 4.

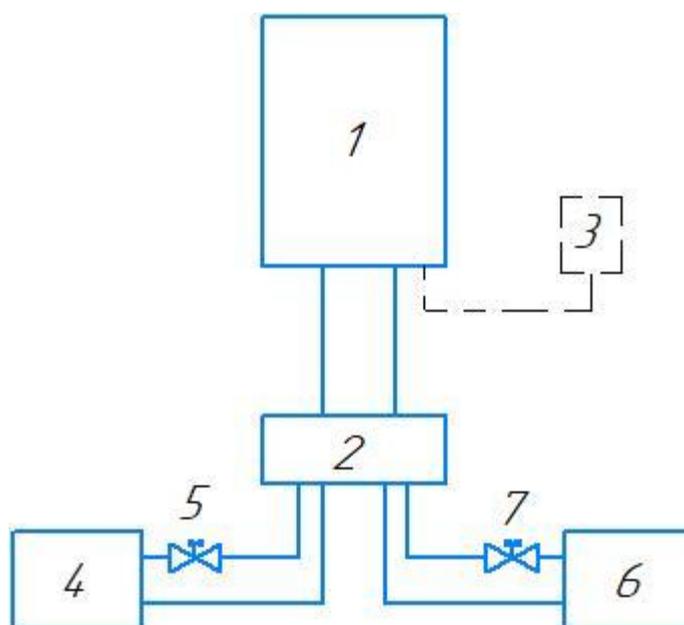


Рисунок 4 – Схематичное изображение смешанного регулирования температуры помещения при газовом отоплении с применением радиаторов

Принцип действия данной системы заключается в следующем: датчик температуры 3 формирует для системы автоматики газового котла 1 сигнал, характеризующий температуру наружного воздуха, а котел, в свою очередь, подстраивает температуру прямой сети. Далее, в коллекторе 2 происходит водоразбор на разные помещения, в которых установлены радиаторы отопления 4 и 6, тепловой поток от которых настраивается при помощи термоголовок 5,7 в соответствии с требуемой температурой внутри помещения.

Для рассматриваемого объекта выбрано количественное регулирование при помощи сервоприводов, а температура теплоносителя, при необходимости, будет изменяться вручную на котле. При этом контроллер будет подключен к сети интернет, что даст возможность контроля и управления при помощи смартфона. Количественное регулирование выбрано исходя из того, что оно не требует точного расчета теплопотерь здания и будет поддерживать требуемую температуру даже при неправильном тепловом расчёте. Схема такой системы регулирования приведена на рисунке 5.

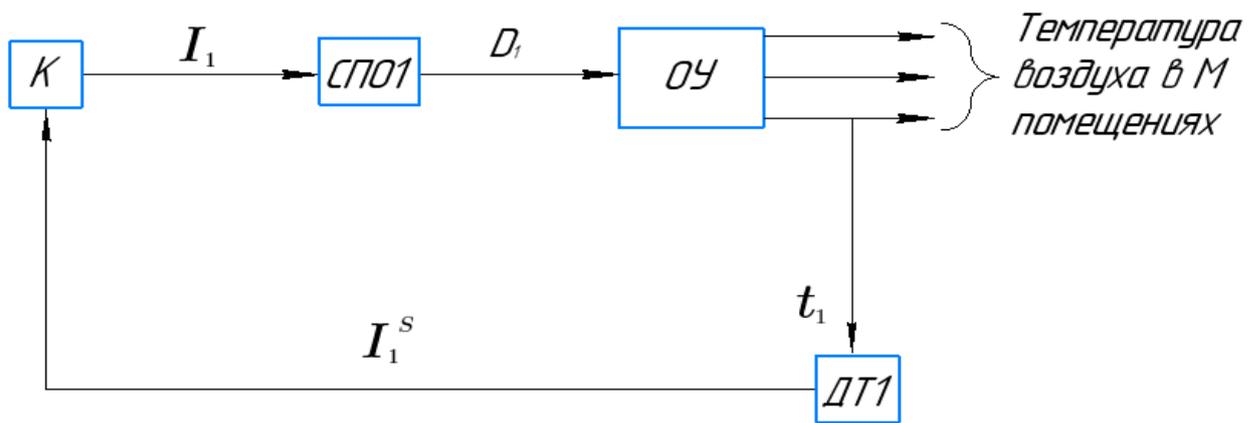


Рисунок 5 – Структурная схема АСР температуры в помещениях

Принцип работы системы регулирования заключается в следующем: объект управления ОУ состоит из М помещений. Значения температуры воздуха  $t_1-t_m$  в М помещениях измеряются при помощи датчиков температуры ДТ1-ДТМ. Первичные сигналы  $I_1^S-I_m^S$  от датчиков температуры поступают на контроллер, который, в соответствии с алгоритмом, посылает управляющие сигналы  $I_1-I_m$  на соответствующие сервоприводы СПО1-СПОМ. Далее, сервоприводы открывают задвижки на радиаторах отопления, изменяя тем самым расходы теплоносителя  $D_1-D_m$ , пока сигналы от датчиков температуры воздуха в комнате не станут равны сигналам заданий температуры с контроллера.

Разрабатываемая структурная схема АСР температуры воздуха в помещениях представлена на отдельном листе с шифром ФЮРА. 421000.012 С1.

### 3 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации [6].

В процессе разработки функциональной схемы должны быть решены следующие задачи:

- изучена технологическая схема автоматизируемого объекта;
- составлен перечень контролируемых параметров технологического процесса и технологического оборудования;
- на технологической схеме объекта автоматизации определено местоположение точек отбора измерительной информации;
- определены предельные рабочие значения контролируемых параметров;
- выбрана структура измерительных каналов;
- выбраны методы и технические средства получения, преобразования, передачи и представления измерительной информации;
- решены вопросы размещения технических средств автоматизации (ТСА) на технологическом оборудовании, трубопроводах, по месту и на щитах;
- согласованы параметры измерительных каналов и информационно-вычислительного комплекса (ИВК).

В ходе работы разработана функциональная схема системы регулирования температуры воздуха в помещениях, изучен принцип ее работы. Перечень контролируемых параметров представлен в таблице 4. Регулируемым параметром является расход теплоносителя через радиаторы отопления в помещениях.

Таблица 4 – Контролируемые параметры

Наименование параметра	Значение параметра
Температура воздуха в гараже	+16 °С
Температура воздуха в котельной	+18 °С
Температура воздуха в спортзале	+18 °С
Температура воздуха в гостевой	+21 °С
Температура воздуха в мастерской	+18 °С
Температура воздуха на веранде	+21 °С
Температура воздуха на кухне	+19 °С
Температура воздуха в гостиной	+21 °С
Температура воздуха в холле	+19 °С
Температура воздуха в кабинете	+21 °С
Температура воздуха в детской	+23 °С
Температура воздуха в санузле	+21 °С
Температура воздуха в гардеробе	+19 °С
Температура воздуха в комнате	+21 °С
Температура воздуха в ванной	+23 °С
Температура воздуха в игровой	+21 °С
Температура воздуха в детской	+23 °С

Разрабатываемая функциональная схема АСР температуры воздуха в помещениях представлена на отдельном листе с шифром ФЮРА. 421000.012 С2.

На технологической схеме точки отбора информации расположены на стенах соответствующих помещений. Передача информации осуществляется при помощи датчиков температуры, установленных по месту. Далее, аналоговый сигнал поступает на вход контроллера. Использование нормирующих преобразователей в данной системе не требуется, потому что они применяются, если контроллер не воспринимает естественные сигналы или если расстояния слишком большие.

Таким образом, в состав структуры каналов измерительной части входят первичные преобразователи температуры, в состав структуры каналов информационно-управляющей части входит контроллер, а в состав исполнительной части входят сервоприводы, установленные на радиаторах отопления.

Выбран контактный метод измерения температуры воздуха в помещении посредством термопреобразователей сопротивления (ТПС), так как данный метод является наиболее распространенным и недорогим. Выбор ТПС обоснован более узким диапазоном измерения, чем у термоэлектрических преобразователей температуры (ТЭП).

В верхней части чертежа изображена схема, на которой расположены планы 1-го и 2-го этажей дома. Помещения, регулирование температуры в которых необходимо осуществить, были выбраны исходя из времени нахождения людей в данном помещении (для обеспечения комфорта) и исходя из площади помещений (для экономии от автоматизации). В каждом из выбранных помещений размещаются ТПС и сервопривод.

Контроллер установлен на щите контрольно-измерительных приборов и автоматизации (КИПиА).

Естественный сигнал с термопреобразователей сопротивления 1а–12а поступает на контроллер, который, в свою очередь, формирует управляющее воздействие на сервоприводы 1б–12б.

Установка сигналов задания и контроль температур осуществляются при помощи подключения контроллера к сети Internet, а затем к смартфону.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображено в соответствии с ГОСТ 21.205-2016, условные обозначения запорной арматуры изображены по ГОСТ 2.785-70, первичные и функциональные измерительные приборы – в соответствии с ГОСТ 21.208-2013.

## 4 Выбор технических средств и составление спецификации

### 4.1 Выбор датчиков температуры

В автоматической системе регулирования температуры воздуха в помещениях температура измеряется около поверхности стен. Для измерения температуры используются термопреобразователи сопротивления. Выбор этого типа датчиков обусловлен невысокими измеряемыми температурами (не выше 30 °С). Рассмотрим несколько возможных вариантов данного устройства и выберем наиболее оптимальный. Характеристики анализируемых первичных преобразователей представлены в таблице 5.

Так как температура при регулировании не должна отклоняться более чем на 1 °С, то можно сделать вывод, что при температурах в помещении не выше 30 °С любой из предложенных ТПС будет соответствовать требованиям. Поэтому выбор датчиков основывается на значениях его цены и диапазона измерений. Выберем термопреобразователь сопротивления производства ОВЕН ДТС3005-50М.В3 стоимостью 1110 рублей за один экземпляр [7]. Данный датчик имеет поверхностное исполнение, НСХ 50М, класс допуска В и трехпроводную схему подключения.

Таблица 5 – Сравнение характеристик первичных преобразователей

Тип термопреобразователя	Диапазон измерения, °С	Класс допуска	Разброс относительно номинала	Производитель	Стоимость, рублей
Платиновый (ТСП)	-220...+850	А	$\pm(0,15+0,002 \cdot  t )$	«ОВЕН»	от 1320
	-220...+1100	В	$\pm(0,3+0,005 \cdot  t )$	«ОВЕН»	от 1110
	-100...+300, +860...+1100	С	$\pm(0,6+0,008 \cdot  t )$	«ОВЕН»	от 960
Медный (ТСМ)	-50...+120	А	$\pm(0,15+0,002 \cdot  t )$	«Теплоприбор»	от 1250
	-200...+200	В	$\pm(0,25+0,0035 \cdot  t )$	«ОВЕН»	от 1110
	-200...+200	С	$\pm(0,5+0,0065 \cdot  t )$	«ОВЕН»	от 756
Никелевый (ТСН)	-60...+180	С	$\pm(0,3+0,0165 \cdot  t )$ от -60 до +0 °С и $\pm(0,3+0,008 \cdot  t )$ от 0 до +180 °С	Никелевые ТПС уступили место медными ввиду большой стоимости, поэтому массово не производятся.	

## 4.2 Выбор сервоприводов

В автоматической системе регулирования температуры воздуха в помещениях температура воздуха регулируется включением/выключением электрических сервоприводов на радиаторах отопления. Их принцип действия основан на том же явлении, которое описано под рисунком 3: парафин изменяет объем в зависимости от температуры, увлекая за собой шток, который перекрывает или открывает поток. Их управление осуществляется пропуском тока через нагревательный элемент внутри сервопривода. Как правило, такие сервоприводы работают от напряжения 24 и 220 В. Будем сравнивать сервоприводы с напряжением питания 24 В, чтобы его питание осуществлялось непосредственно через контроллер (таблица 6) [8-10].

Таблица 6 – Сравнительная таблица сервоприводов

Компания-производитель	Модель	Нормальное состояние	Потребляемая мощность, Вт	Стоимость, рублей
WATTS	22CX24NA2	открытый	1,8	от 1745
WATTS	22CX24NC2	закрытый	1,8	от 1745
Danfoss	TWA-K 24B M30x1,5	открытый	2	от 3017
Danfoss	TWA-K 24B M30x1,5	закрытый	2	от 3017
Valtec	VT.TE3043.A.024	открытый	4	от 1410
Valtec	VT.TE3043.0.024	закрытый	4	от 1410

Так как дом находится в Томской области, где температура преимущественно низкая, а продолжительность отопительного периода составляет 234 суток, то будем выбирать сервоприводы с нормально открытым состоянием для того, чтобы в случае выхода их из строя температура в

помещениях не опустилась ниже критических отметок. Потребляемая мощность у данного оборудования не имеет значения, так как у всех устройств она не превышает 4 Вт, что является пренебрежительно малой величиной относительно общего потребления электроэнергии. Тогда выберем сервопривод Valtec VT.TE3043.0.024 исходя из его стоимости [10].

Для питания 12-ти сервоприводов нужен блок питания мощностью не менее 48 Вт. Остановим свой выбор на блоке питания ОВЕН БП60А-24, 60 Вт, 24 В.

### 4.3 Выбор контроллера

Программируемый логический контроллер (ПЛК) – это «мозг» всех современных систем автоматического регулирования. Он отвечает за обработку входных (информационных) сигналов от датчиков и формирование выходных (управляющих) сигналов на исполнительные устройства.

Ввиду того, что разрабатываемая система автоматического регулирования не имеет никаких строгих требований по условиям эксплуатации или скорости передачи данных, то выбирать контроллер будем исходя из производителя (отечественный или зарубежный), количества входов и выходов (требуется 12 аналоговых входов АІ для ТПС и 12 дискретных выходов DІ для сервоприводов) и стоимости. В таблице 7 указаны некоторые из контроллеров с интересующими для данной АСР характеристиками.

Таблица 7 – Сравнительная таблица ПЛК

Производитель	Модель	Количество АІ	Количество DІ	Стоимость, рублей
Schneider Electric (SE)	ПЛК M172	12	12	41460
ОВЕН	ПЛК210-04-CS	4	12	31980
ОВЕН	ПЛК100-24/220.P	0	6	15660

Из приведенных контроллеров ОВЕН ПЛК100-24/220.Р обладает самой низкой ценой, но при этом для него дополнительно требуется по меньшей мере 2 модуля аналогового ввода и 1 модуль дискретного вывода [11]. С учетом стоимости модулей, окончательная стоимость контроллера составит около 40 тысяч рублей.

ОВЕН ПЛК210-04-CS является представителем среднего ценового сегмента, однако требует докомплектования дополнительным модулем аналогового ввода. Окончательная стоимость в этом случае будет сопоставлена с предыдущим примером [12].

Контроллер SE ПЛК M172 из предложенных является наиболее дорогостоящим, однако его конфигурация не предполагает использование дополнительных модулей ввода вывода, и его итоговая стоимость будет соответствовать значению в таблице 7 [13].

Из рассмотренных контроллеров наиболее оптимальным является ОВЕН ПЛК210-04-CS. Выбор основан на следующих критериях:

- производитель ОВЕН является отечественным производителем контроллеров, что облегчает замену и дооснащение оборудования в случае необходимости;
- при одинаковой окончательной стоимости с системой под управлением контроллера ОВЕН ПЛК100-24/220.Р, выбранный контроллер имеет меньшее количество внешних дополнительных устройств, что является более надежным;
- у производителя ОВЕН имеется облачный сервис для подключения контроллера к серверу для дальнейшего управления системой при помощи смартфона или персонального компьютера.

В дополнение к выбранному контроллеру необходимо приобрести восьмиканальный модуль аналогового ввода ОВЕН МВ210 за 8910 рублей.

Заказная спецификация на оборудование автоматической системы регулирования температуры воздуха в помещениях двухэтажного здания представлена в приложении на чертеже формата А4 с шифром ФЮРА.421000.012 СО1 на одном листе.

## 5 Разработка принципиальной электрической схемы АСР

Схема соединений определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. На схеме изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям [6].

Совместно с чертежом электрической схемы системы автоматизации составлен перечень элементов, входящих в щит. Электрическая принципиальная схема представлена на листах с шифром ФЮРА 421000.012 ЭЗ. Перечень элементов представлен на листах с шифром ФЮРА 421000.012 ПЭЗ.

### 5.1 Элементы и устройства подсистемы питания

Подсистема электрического питания и микроклимата включает в себя автоматические выключатели, розетку, блоки зажимов, понижающий трансформатор и блоки питания.

1 Автоматический выключатель ВА47-29 2Р 16А 4,5 кА С (QF1, QF2).

Автоматические выключатели ВА47-29 предназначены для защиты распределительных и групповых цепей, имеющих различную нагрузку. Автоматические выключатели ВА47-29 рекомендуются к применению в вводно-распределительных устройствах [14]. Основные характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики автоматического выключателя ВА47-29 2P 1A 4,5 кА С

Наименование	Значение
Номинальный ток	16 А
Количество силовых полюсов	2
Характеристика эл. магнитного расцепителя	С
Номинальная отключающая способность	4,5 кА
Напряжение	380 В
Номинальное напряжение	400В

## 2 Щитовая розетка (XS1).

Модульная розетка предназначена для подключения переносных светильников или электрического инструмента малой мощности во время профилактических и ремонтных работ в электрической сборке по месту установки [15]. Основные характеристики приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики щитовой розетки РМ-102

Наименование	Значение
Номинальный ток	16 А
Род тока	Переменный (АС)
Напряжение	220 В
Количество фаз	1

## 3 Блоки зажимов (ХТ3, ХТ4, ХТ4-1, ХТ4-2).

Одноуровневые винтовые клеммы MTU-2.5RD, MTU-2.5BL, MTU-2.5PE, MTU-2.5 – простой и удобный способ подключения устройств в шкафах автоматики. Клеммы предназначены для проводников сечением 2,5 мм<sup>2</sup>. Открытую токопроводящую часть клеммного ряда необходимо закрыть торцевой заглушкой. Одноуровневые клеммы имеют одинаковые габаритные размеры для всех сечений, кроме ширины, которая зависит от сечения выбираемого проводника [16-19].

4 Блок питания ОВЕН БП60А-24, 60 Вт, 24 В (G1, G2).

Блоки питания ОВЕН БП60А предназначены для питания стабилизированным напряжением 12 или 24 В приборов и датчиков. Рекомендуются к применению в шкафах автоматики, где требуется компактное по ширине решение [20]. Основные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики блока питания ОВЕН БП60А-24, 60 Вт, 24 В

Наименование	Значение
Номинальное напряжение	24 В
Номинальный ток	2,5 А
Номинальная мощность	60 Вт
Номинальный ток потребления	1 А

5 Концевой выключатель для двери ВПК-2010-БУХЛ4 Д/Т IP00 IEK, 50 мм (SQ1).

Концевые выключатели IEK предназначены для коммутации электрических цепей управления переменного и постоянного тока под воздействием управляющих упоров в определенных точках пути контролируемого объекта [21]. Основные характеристики представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики концевого выключателя ВПК-2010-БУХЛ4 Д/Т IP00 IEK

Наименование	Значение
Номинальный рабочий ток	10 А
Степень защиты	IP00
Тип включения или отключения	мгновенный переключатель

6 Прибор осветительный 14 Вт (EL1).

Основные характеристики представлены в таблице 12 [22].

Таблица 12 – Технические характеристики осветительного прибора

Наименование	Значение
Напряжение	230 В
Мощность ламп	14 Вт
Длина	452

## 5.2 Элементы и устройства для подсистемы ввода аналоговых сигналов

Подсистема ввода аналоговых сигналов включает в себя следующие элементы: ПЛК210-04-CS, модуль ввода аналоговых сигналов MB210-101, кабель UTP и блоки зажимов.

### 1 Программируемый логический контроллер ПЛК210-04-CS (AC1).

Основным коммуникационным интерфейсом ПЛК210 является Ethernet. Контроллер имеет 4 порта Ethernet, 3 из которых объединены в управляемый коммутатор. Это позволяет использовать различные сетевые топологии, а также применять контроллер в качестве шлюза между промышленной сетью и сетью предприятия [12]. Схема подключения термосопротивления по трехпроводной схеме представлена на рисунке 6. На рисунке 7 показан внешний вид контроллера со стороны клеммника.

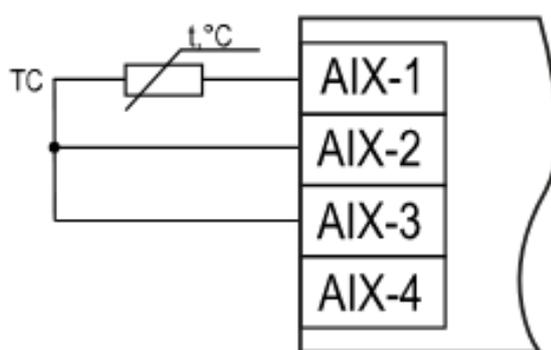


Рисунок 6 – Схема подключения термосопротивления по трехпроводной схеме

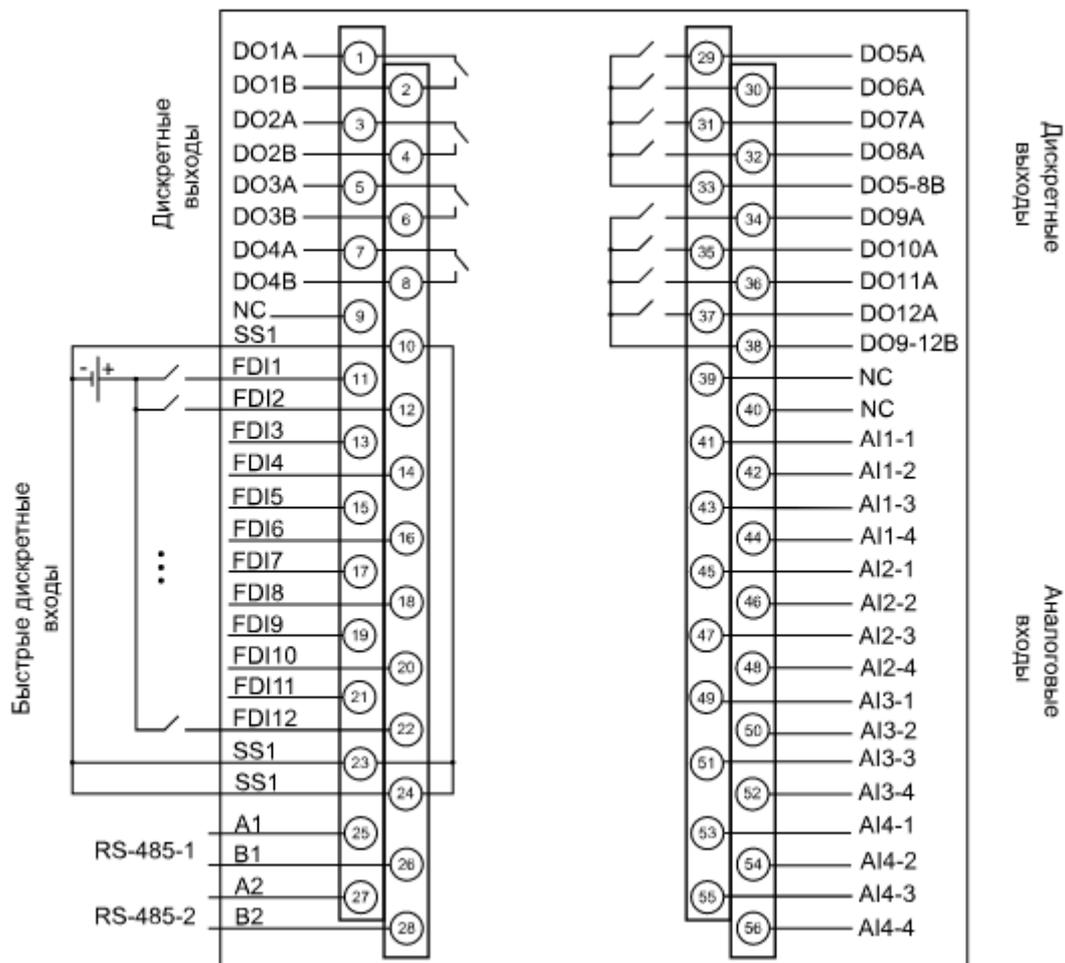


Рисунок 7 – Назначение контактов клеммника

## 2 Модуль ввода аналоговых сигналов MB210-101 (A1).

Модули MB210-101 от производителя «Овен» предназначены для преобразования аналоговых сигналов в унифицированные токовые сигналы и последующей передачи их в сеть Ethernet. На модуле имеются универсальные аналоговые входы для подключения термометров сопротивления, термопар, датчиков резистивного типа и унифицированных сигналов тока и напряжения. Подключение производится при помощи сдвоенного 2-портового Ethernet-коммутатора. Существует поддержка технологии Ethernet Bypass, которая позволяет передавать данные из одного порта в другой и не терять связь с остальными модулями при возникновении нештатной ситуации [23]. Характеристики модуля представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристики модуля ввода аналоговых сигналов MB210-101

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	24 В
Степень защиты корпуса	IP20
Тип питания	батарея CR2032
Число аналоговых входов	8
Время работы часов реального времени на одной батарее	6 лет

Назначение контактов клеммника представлено в таблице 14. На рисунке 8 показан внешний вид модуля со стороны клеммника.

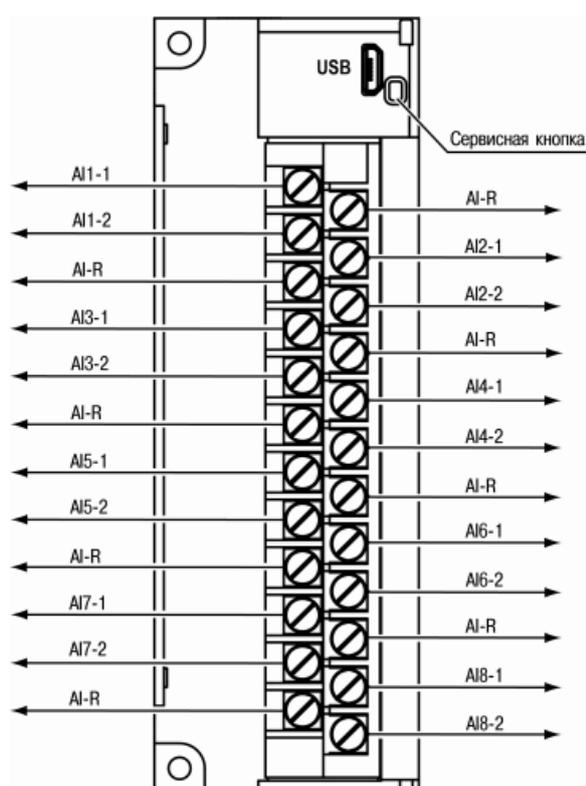


Рисунок 8 – Назначение контактов клеммника

Таблица 14 – Назначение клемм модуля MB210-101

Условное обозначение клеммы	Назначение
AI1-1, AI1-2 – AI8-1, AI8-2	Для аналоговых входов AI1 – AI8
AI-R	Для общих точек аналоговых входов

Разъемы интерфейсов и питания модуля приведены на рисунке 9. Схема подключения термосопротивления по трехпроводной схеме представлена на рисунке 10.

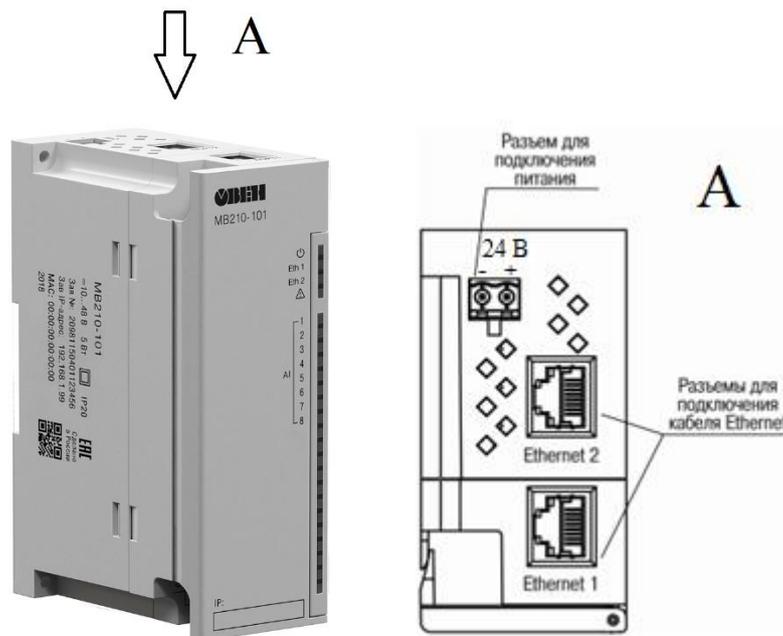


Рисунок 9 – Внешний вид модуля MB210-101

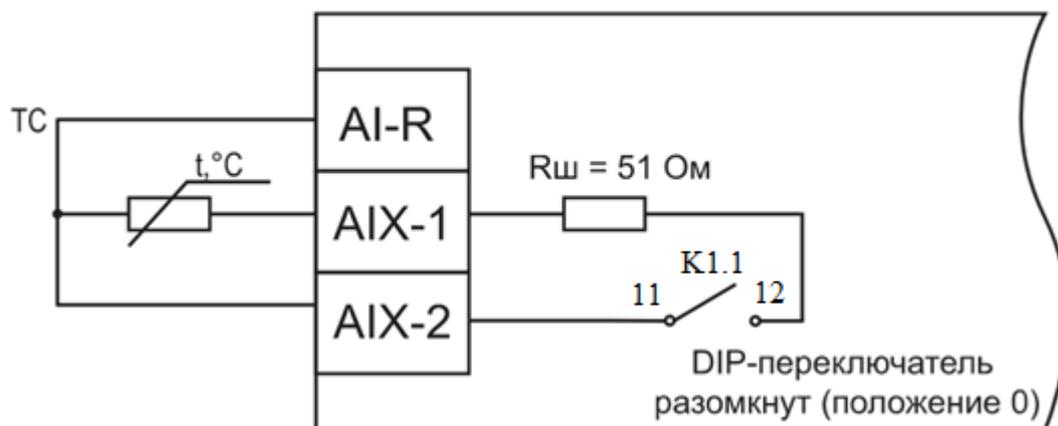


Рисунок 10 – Схема подключения термосопротивления по трехпроводной схеме

### 3 Кабель UTP RJ45-RJ45 (X1).

Предназначен для последовательного подключения модулей MB210-101 и ПЛК между собой по Ethernet. Длина: 0,15 м, поставляется в комплекте с модулем [23].

### 4 Блоки зажимов (ХТ0, ХТ1).

Одноуровневые винтовые клеммы MTU-2.5 – простой и удобный способ подключения устройств в шкафах автоматики. Клеммы предназначены для проводников сечением 2,5 мм<sup>2</sup>. Открытую токопроводящую часть клеммного

ряда необходимо закрыть торцевой заглушкой. Одноуровневые клеммы имеют одинаковые габаритные размеры для всех сечений, кроме ширины, которая зависит от сечения выбираемого проводника [16].

### 5.3 Элементы и устройства для подсистемы вывода дискретных сигналов

Подсистема вывода дискретных сигналов включает в себя следующие элементы: ПЛК210-04-CS, релейные модули и блок зажимов.

- 1 Программируемый логический контроллер ПЛК210-04-CS (AC1).
- 2 Блок зажимов (ХТ2) [16].
- 3 Релейные модули (К1...К12).

Состоит из базового клеммного модуля PLC-BPT.../21 с соединителем Push-in с вставным мини-реле с силовым контактом. Установка осуществляется на монтажную шину NS 35/7,5, имеется 1 переключающий контакт [24]. Технические данные приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические данные релейного модуля PLC-RPT-24DC/21

Наименование	Значение
Входное номинальное напряжение	24 В DC
Время срабатывания, типовое	5 мс
Время возврата, типовое	8 мс
Исполнение контакта	1 переключающий контакт
Тип коммутационного контакта	Одинарный контакт
Материал контакта	AgSnO
Минимальный коммутационный ток	10 мА (при 12 В)

Электрическая схема подключения представлена на рисунке 11.

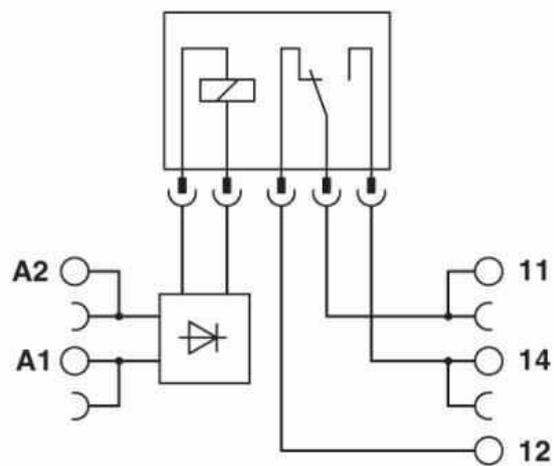


Рисунок 11 – Электрическая схема релейного модуля PLC-RPT-24DC/21

## 6 Разработка монтажной схемы АСР

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ. Эту документацию также используют в процессе эксплуатации, при наладке, ремонте и выполнении профилактических работ. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов, пультов, внешних электрических и трубных проводок [25].

Монтажные схемы показывают, каким образом соединены между собой клеммы или выводы технических средств, расположенных на конструкции и за пределами конструкций.

В данной работе необходимо разработать монтажную схему автоматической системы регулирования температуры воздуха в помещении. Для этого нужно ознакомиться с руководствами по эксплуатации, со схемами подключения технических средств и выполнить следующие этапы:

- 1) нанести на монтажную схему технические средства автоматизации, в соответствии с принятыми обозначениями;
- 2) выбрать проводки для соединения технических средств;
- 3) произвести нумерацию проводников;
- 4) выполнить подключение средств измерения и управления в шкаф автоматизации.

Таблица, размещенная в верхнем левом поле чертежа, поясняет расположение датчиков в системе. Щит КИПиА изображается условно в виде прямоугольника, в котором указаны блоки зажимов и подключенные к ним кабели.

Конечной целью проектирования внешних и внутренних электрических и трубных проводок является создание монтажной документации, необходимой и достаточной для прокладки трубных и электропроводок, коммутации жил к техническим средствам автоматизации, а также для проверки и ввода проводок в эксплуатацию.

Монтажная схема проектируемой системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.012 Э4.

Подключение термопреобразователей сопротивления ТЕ к контроллеру осуществляется по трехпроводной схеме при помощи универсального монтажного трехжильного кабеля МКЭШ сечением  $0,5 \text{ мм}^2$  [26]. Кабели 1-4 подключаются непосредственно к ПЛК210 через клеммную колодку ХТ0. Кабели 5-12 подключаются ПЛК210 посредством модуля аналогового ввода МВ210-101 через клеммную колодку ХТ1. Дискретные сигналы поступают непосредственно с контроллера через клеммную колодку ХТ2 при помощи двухжильного кабеля ШВВП сечением  $0,75 \text{ мм}^2$  [27]. Питание на щит КИПиА подается от силового щита при помощи двухжильного кабеля КВВГнг-П сечением  $2,5 \text{ мм}^2$  через блок зажимов ХТ4 [28].

## 7 Разработка общего вида щита КИПиА

Назначение щита КИПиА заключается в размещении на нем средств контроля и управления технологическими процессами, контрольно-измерительных приборов, сигнальных устройств, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировки, линий связи между ними (трубная и электрическая коммутация). Установка щитов автоматизации происходит в производственных и специальных щитовых помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.п [29].

Общий вид щита КИПиА представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.012 ВО. Перечень элементов щита представлен на отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.012 ПВО.

Внутри шкафных щитов и за их панелями размещаются неоперативная аппаратура, системы контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура: реле, трансформаторы, импульсные прерыватели, сборки зажимов, предохранители, автоматические выключатели и др.

В верхней части щита расположен осветительный прибор EL1 и концевой выключатель SQ1. В первом ряду находится контроллер АС ПЛК210-04-CS, модуль аналогового ввода А1, блоки питания G1, G2. Во втором ряду расположены клеммные колодки ХТ0, ХТ1, ХТ4, ХТ4-1, ХТ4-2. В третьем ряду находятся блок зажимов ХТ2, а также автоматические выключатели QF1 и QF2. В четвертом ряду изображены реле К1...К12 и щитовая розетка XS1. В нижней части щита располагается шина заземления ХТ4-3.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, в операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования линейный распределительный шкаф от компании Rittal VX 8615.000 [30]. В таблице 16 представлены технические характеристики данного типа шкафа.

Таблица 16 – Описание шкафа VX 8615.000

Материал	Каркас шкафа: листовая сталь 1,5 мм Крыша: листовая сталь 1,5 мм Дверь: Листовая сталь, 2,0 мм Задняя стенка: листовая сталь, 1,5 мм Панели основания: листовая сталь 1,5 мм Монтажная панель: листовая сталь, 3,0 мм
Поверхность	Каркас шкафа: грунтовка Крыша и задняя стенка: грунтовка, снаружи порошковое покрытие, структурное Монтажная панель и панели основания: оцинкованные
Степень защиты IP	IP 55
Комплект поставки	Каркас шкафа Дверь(и) Навеска двери правая, меняется на левую Потолочная панель Задняя стенка Панели основания Монтажная панель 2 монтажные шины 18 x 39 мм Замок: двойная бородка 3 мм
Размеры	Ширина: 600 мм Высота: 1200 мм Глубина: 500 мм
Вес	66 кг
Количество дверей	1

Оборудование размещено на монтажных шинах с перфорацией NS 35/7,5 производителя Phoenix Contact указанных в [31]. Шкаф устанавливается на пол.

## 8 Разработка прикладного программного обеспечения среднего уровня

### 8.1 Описание кода программы

Для программной реализации требуется написание алгоритма работы программы на языке Structured Text (ST) с последующей связью этого алгоритма с мнемосхемой SCADA-системы. Для написания кода программы была использована среда программирования CoDeSys.

CoDeSys (англ. Controller Development System) – инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. Производится и распространяется компанией 3S-Smart Software Solutions GmbH (Кемптен, Германия).

На рисунке 12 представлены переменные, использованные в программе. На рисунках 13-19 представлена логика работы программы. Под каждым рисунком приведено построчное описание соответствующей части кода.

```
1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3     t: ARRAY[1..12] OF REAL;
4     SP: ARRAY[1..12] OF REAL;
5     SP_Day: ARRAY[1..12] OF REAL:= [18,16,21,21,19,21,21,23,23,21,23,21];
6     SP_Night: ARRAY[1..12] OF REAL:= [16,14,19,19,17,19,19,21,21,19,21,19];
7     SP_EnCon: ARRAY[1..12] OF REAL:= [12(10)];
8     SP_Warmup: ARRAY[1..12] OF REAL:= [23,21,26,26,24,26,26,28,28,26,28,26];
9     OH: ARRAY[1..12] OF BOOL:= [12(FALSE)];
10    OC: ARRAY[1..12] OF BOOL:= [12(FALSE)];
11    servo: ARRAY[1..12] OF STRING;
12    CL: ARRAY[1..12] OF BOOL:= [12(FALSE)];
13    Aut: BOOL:=FALSE;
14    Man: BOOL:=FALSE;
15    Night: BOOL:=FALSE;
16    Day: BOOL:=FALSE;
17    EnCon: BOOL:=FALSE;
18    Warmup: BOOL:=FALSE;
19    i: INT;
20    Inc: ARRAY[1..12] OF BOOL:= [12(TRUE)];
21    Dec: ARRAY[1..12] OF BOOL:= [12(FALSE)];
22    T1: REAL;
23    A: BOOL;
24    B: BOOL;
25    In: BOOL;
26 END_VAR
```

Рисунок 12 – Переменные программы

На рисунке 13 (строки 3-25) приведены все переменные, которые были использованы в программе. Ввиду того, что для описания подсистемы регулирования температуры в каждой комнате используется один и тот же набор переменных, отличающийся лишь индексом, то в качестве переменных выбраны одномерные массивы (arrays) из 12 элементов. Также были использованы и обычные переменные. Сведем описание каждой строчки кода в таблицу 17.

Таблица 17 – Описание переменных

Строка	Описание
3	<i>t</i> – переменные температуры
4	<i>SP (Set Point)</i> – переменные уставки
5	<i>SP_Day</i> – постоянные уставки для дневного режима работы
6	<i>SP_Night</i> – постоянные уставки для ночного режима работы
7	<i>SP_EnCon (Energy Conversation)</i> – постоянные уставки для режима глубокого энергосбережения
8	<i>SP_Warmup</i> – постоянные уставки для режима прогрева здания
9	<i>OH (OverHeated)</i> – информационные сигналы перегрева помещений
10	<i>OC (OverCooled)</i> – информационные сигналы переохлаждения помещений
11	<i>servo</i> – информационные текстовые сигналы о положении сервоприводов
12	<i>CL (Close)</i> – управляющие сигналы на закрытие сервоприводов
13	<i>Aut (Automatic)</i> – управляющий сигнал на включение автоматического режима регулирования
14	<i>Man (Manual)</i> – управляющий сигнал на включение ручного режима регулирования
15	<i>Night</i> – управляющий сигнал для включения ночного режима

Продолжение таблицы 17

Строка	Описание
16	<i>Day</i> – управляющий сигнал для включения дневного режима
17	<i>EnCon</i> – управляющий сигнал для включения режима глубокого энергосбережения
18	<i>Warmup</i> – управляющий сигнал для включения режима прогрева здания
19	<i>i</i> – переменная, использованная в цикле for
20	<i>Inc</i> – переменные, использованная для реализации регулирования с зоной нечувствительности при нагреве
21	<i>Dec</i> – переменные, использованная для реализации регулирования с зоной нечувствительности при охлаждении
22	T1 – переменная, использованная в качестве таймера
23	<i>A</i> – вспомогательная переменная для реализации задержки при помощи T1
24	<i>B</i> – вспомогательная переменная для реализации задержки при помощи T1
25	<i>In</i> – переменная, которая запускает таймер T1, когда ее значение TRUE

```

1  //////////////////////////////////////
2  //////////////////////////////////////Автоматические режимы управления////////////////////////////////////
3  //////////////////////////////////////
4  //////////////////////////////////////
5  IF Day=TRUE THEN
6      SP:=SP_Day;          //Присвоить уставкам значения для
7  END_IF                  //дневного режима
8  IF Night=TRUE THEN
9      SP:=SP_Night;       //Присвоить уставкам значения для
10 END_IF                  //ночного режима
11 IF EnCon=TRUE THEN
12     SP:=SP_EnCon;       //Присвоить уставкам значения для режима
13 END_IF                  //глубокого энергосбережения
14 IF Warmup=TRUE THEN
15     SP:=SP_Warmup;      //Присвоить уставкам значения для режима
16 END_IF                  //прогрева здания

```

Рисунок 13 – Часть программы, описывающая уставки автоматического режима управления

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 14 в таблицу 18.

Таблица 18 – Описание кода для установки режимов температур

Строки	Описание
5-7	Если нажата кнопка с переменной <i>Day</i> , то присвоить массиву переменных <i>SP</i> значения из массива констант <i>SP_Day</i> .
8-10	Если нажата кнопка с переменной <i>Night</i> , то присвоить массиву переменных <i>SP</i> значения из массива констант <i>SP_Night</i> .
11-13	Если нажата кнопка с переменной <i>EnCon</i> , то присвоить массиву переменных <i>SP</i> значения из массива констант <i>SP_EnCon</i> .
14-16	Если нажата кнопка с переменной <i>Warmup</i> , то присвоить массиву переменных <i>SP</i> значения из массива констант <i>SP_Warmup</i> .

```

17  ////////////////////////////////////////////////////
18  ////////////////////////////////////////////////////Сигнализация при перегреве////////////////////////////////////
19  ////////////////////////////////////////////////////
20  FOR i:=1 TO 12 DO
21      IF t[i]>(SP[i]+6) AND (T1>40 OR B=FALSE) THEN //Сигнализация
22          OH[i]:=TRUE; //перегрева вкл., если температуры
23      ELSE //отклоняются на 6 градусов выше от
24          OH[i]:=FALSE; //уставок
25      END_IF
26  END_FOR

```

Рисунок 14 – Часть программы, описывающая работу сигнализации в случае перегрева помещения

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 14 в таблицу 19.

Таблица 19 – Описание кода для сигнализации при перегреве

Строки	Описание
20-26	Для <i>i</i> от 1 до 12 делать следующее:
21-22	Если температуры отклонятся на 6 градусов выше текущего состояния уставок и если значение таймера $T1 > 40$ или значение переменной $B = False$ , то включить соответствующий сигнал перегрева.
23-25	Иначе выключить соответствующий сигнал перегрева

```

27 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
28 ///////////////////////////////////////////////////////////////////Сигнализация при переохлаждении//////////
29 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
30 FOR i:=1 TO 12 DO
31     IF t[i]<(SP[i]-6) AND (T1>40 OR B=FALSE) THEN //Сигнализация
32         OC[i]:=TRUE; //переохлаждения вкл., если температуры
33     ELSE //отклоняются на 6 градусов ниже от
34         OC[i]:=FALSE; //уставок
35     END_IF
36 END_FOR

```

Рисунок 15 – Часть программы, описывающая работу сигнализации в случае переохлаждения помещения

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 15 в таблицу 20.

Таблица 20 – Описание кода для сигнализации при переохлаждении

Строки	Описание
30-36	Для $i$ от 1 до 12 делать следующее:
31-32	Если температуры отклонятся на 6 градусов ниже текущего состояния уставок и если значение таймера $T1 > 40$ или значение переменной $B = False$ ., то включить соответствующий сигнал переохлаждения
33-35	Иначе выключить соответствующий сигнал переохлаждения

```

37 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
38 ///////////////////////////////////////////////////////////////////Ручной режим управления//////////
39 ///////////////////////////////////////////////////////////////////
40 IF Man=TRUE THEN
41     FOR i:=1 TO 12 DO
42         IF CL[i]=TRUE THEN
43             servo[i]='Задвижка закрыта'; //Закрыть сервопривод
44             t[i]:=t[i]-0.01; //Имитация снижения температуры
45         ELSE servo[i]='Задвижка открыта'; //Закрыть сервопривод
46             t[i]:=t[i]+0.01; //Имитация повышения температуры
47         END_IF
48         IF t[i]<=2 THEN //Ограничение
49             t[i]:=2; //температур снизу
50         END_IF // (имитация)
51         IF t[i]>=35 THEN //Ограничение
52             t[i]:=35; //температур сверху
53         END_IF // (имитация)
54     END_FOR
55 END_IF

```

Рисунок 16 – Часть программы, описывающая логику ручного регулирования

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 16 в таблицу 21.

Таблица 21 – Описание кода для ручного режима управления

Строки	Описание
40-55	Если нажата кнопка с переменной <i>Man</i> , то делать следующее:
41-54	Для <i>i</i> от 1 до 12 делать следующее:
42-44	Если нажата кнопка с переменной <i>CL[i]</i> , то присвоить текстовой переменной фразу «Задвижка закрыта» и включить имитацию снижения температуры помещения <i>i</i>
45-47	Иначе присвоить текстовой переменной фразу «Задвижка открыта» и включить имитацию повышения температуры помещения <i>i</i>
48-50	Ограничить температуру снизу 2 градусами Цельсия (имитация; считаем, что на улице 2 градуса Цельсия и помещение не может охладиться ниже этого значения)
51-53	Ограничить температуру сверху 35 градусами Цельсия (имитация; считаем, наша система отопления не может нагреть температуру в помещениях выше 35 градусов Цельсия)

```

56  //////////////////////////////////////
57  //////////////////////////////////////Автоматический режим управления////////////////////////////////////
58  //////////////////////////////////////
59  IF Aut=TRUE THEN
60      FOR i:=1 TO 12 DO
61          IF Inc[i]=TRUE AND Dec[i]=FALSE THEN
62              servo[i]='Задвижка открыта';
63              t[i]:=t[i]+0.01;
64              IF t[i]>(SP[i]+2) THEN
65                  Inc[i]:=FALSE;
66                  Dec[i]:=TRUE;
67              END_IF
68          END_IF
69          IF Inc[i]=FALSE AND Dec[i]=TRUE THEN
70              servo[i]='Задвижка закрыта';
71              t[i]:=t[i]-0.01;
72              IF t[i]<(SP[i]-2) THEN
73                  Inc[i]:=TRUE;
74                  Dec[i]:=FALSE;
75              END_IF
76          END_IF
77          IF t[i]<=2 THEN //Ограничение
78              t[i]:=2; //температур снизу
79          END_IF // (имитация)
80          IF t[i]>=35 THEN //Ограничение
81              t[i]:=35; //температур сверху
82          END_IF // (имитация)
83      END_FOR
84  END_IF

```

Рисунок 17 – Часть программы, описывающая логику автоматического регулирования

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 17 в таблицу 22.

Таблица 22 – Описание кода для автоматического режима управления

Строки	Описание
59-84	Если нажата кнопка с переменной <i>Aut</i> , то делать следующее:
60-83	Для <i>i</i> от 1 до 12 делать следующее:
61-63	Если $Inc[i] = true$ и $Dec[i] = false$ , то присвоить текстовой переменной фразу «Задвижка открыта» и включить имитацию повышения температуры помещения <i>i</i>
64-67	Если температура $t[i]$ превысит текущее значение уставки $t[i]$ на два градуса Цельсия, то присвоить переменной включения нагрева $Inc[i] := false$ , а переменной включения охлаждения $Dec[i] := true$
68	Окончание условия « $Inc[i] = true$ и $Dec[i] = false$ »
69-71	Если $Inc[i] = false$ и $Dec[i] = true$ , то присвоить текстовой переменной фразу «Задвижка закрыта» и включить имитацию понижения температуры помещения <i>i</i>
72-75	Если температура $t[i]$ будет ниже текущего значение уставки $t[i]$ на два градуса Цельсия, то присвоить переменной включения нагрева $Inc[i] := true$ , а переменной включения охлаждения $Dec[i] := false$
76	Окончание условия « $Inc[i] = false$ и $Dec[i] = true$ »
77-79	Ограничить температуру снизу 2 градусами Цельсия (имитация; считаем, что на улице 2 градуса Цельсия и помещение не может охладиться ниже этого значения)
80-82	Ограничить температуру сверху 35 градусами Цельсия (имитация; считаем, наша система отопления не может нагреть температуру в помещениях выше 35 градусов Цельсия)

```

85 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
86 ////////////////////////////////////////////////////////////////////Имитация объекта при отсутствии регулирования//////////////////////////////////////////////////////////////////
87 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
88 IF Aut=FALSE AND Man=FALSE THEN
89     FOR i:=1 TO 12 DO
90         IF t[i]<2 THEN
91             t[i]:=t[i]+0.01;
92         ELSIF t[i]>2 THEN
93             t[i]:=t[i]-0.01;
94         END_IF
95     END_FOR
96 END_IF

```

Рисунок 18 – Часть программы, описывающая имитацию объекта при отсутствии отопления с температурой наружного воздуха 2 °С

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 18 в таблицу 23.

Таблица 23 – Описание кода имитации изменения температуры без отопления

Строки	Описание
88-96	Если НЕ нажаты кнопка с переменной <i>Aut</i> и кнопка с переменной <i>Man</i> , то делать следующее:
89-95	Для <i>i</i> от 1 до 12 делать следующее:
90-91	Если температура $t[i]$ меньше 2 градусов Цельсия, то дом (все помещения) нагреваются
92-94	Иначе, если температура $t[i]$ больше 2 градусов Цельсия, то дом (все помещения) охлаждаются

```

97 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
98 ////////////////////////////////////////////////////////////////////Задержка при задании уставок//////////////////////////////////////////////////////////////////
99 ////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
100 IF In=TRUE THEN
101     A:=TRUE;
102 END_IF
103 IF A=TRUE THEN
104     IF T1<40 THEN
105         B:=TRUE;
106         T1:=T1+0.03;
107     END_IF
108 END_IF
109 IF (T1>=40) THEN
110     T1:=0;
111     A:=FALSE;
112     B:=FALSE;
113     In:=FALSE;
114 END_IF

```

Рисунок 19 – Часть программы, описывающая задержку при новых значениях уставок

Сведем описание каждой строчки кода на рисунке 19 в таблицу 24.

Таблица 24 – Описание кода имитации изменения температуры без отопления

Строки	Описание
100-102	Если нажата какая-либо из кнопок, связанных с переменной <i>In</i> , то присвоить переменной <i>A</i> значение TRUE. Данная операция делается для того, чтобы когда (после отжатия кнопки, связанной с переменной <i>In</i> ) переменная <i>In</i> примет значение FALSE, то таймер не прекратил бы работу.
103-108	Если <i>A</i> = TRUE, то делать следующее:
104-107	Если <i>T1</i> меньше 40, то делать следующее:
105	Установить значение <i>B</i> в TRUE (чтобы не проходили условия для срабатывания сигнализаций)
106	Прибавить к <i>T1</i> 0,03
109-114	Если <i>T1</i> больше либо равен 40, тогда делать следующее:
110	Сбросить значение таймера <i>T1</i> в 0
111	Присвоить переменной <i>A</i> значение FALSE (для того, чтобы выключить таймер)
112	Присвоить переменной <i>B</i> значение FALSE (для того, чтобы проходили условия для срабатывания сигнализаций)
113	Присвоить переменной <i>In</i> значение FALSE (иногда после клика курсором по кнопке, связанной с переменной <i>In</i> , эта переменная остается со значением TRUE. Чтобы это не мешало работе программы, она дополнительно сбрасывается внутри кода)

## 8.2 Описание графического интерфейса

Для создания графического интерфейса была использована среда разработки SCADA-систем MasterSCADA. MasterSCADA – программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных. Производится и распространяется компанией ООО «Инсат» (Москва, Россия). Созданный проект в MasterSCADA состоит из трех окон: окно с мнемосхемой, окно с графиком регулируемых температур и их уставками и окно с журналом сообщений. Общий вид мнемосхемы изображен на рисунке 20. На ней расположены: панель управления (под цифрами 1, 2, 3, 4) и

блоки ручного управления и индикации для одного из 12 помещений (на рисунке 20 под цифрой 5 выделено помещение «комната»).

Панель управления состоит из четырех основных блоков:

1. Блок для навигации по окнам (рисунок 21);
2. Блок для выбора режима регулирования (рисунок 22);
3. Блок для выбора температурного режима здания (рисунок 23);
4. Информационный блок, поясняющий цвета сигнальных ламп (рисунок 24).

На рисунке 21 изображен блок ручного управления и индикации для одного из 12 помещений в увеличенном масштабе. Этот элемент состоит из следующих частей:

1. Лампа, сигнализирующая о переохлаждении помещения;
2. Лампа, сигнализирующая о перегреве помещения;
3. Строка с названием помещения;
4. Строка с положением задвижки (открыта или закрыта);
5. Строка с текущей температурой в помещении;
6. Элемент для индикации и задания уставки;
7. Кнопка ручного открытия/закрытия сервопривода.

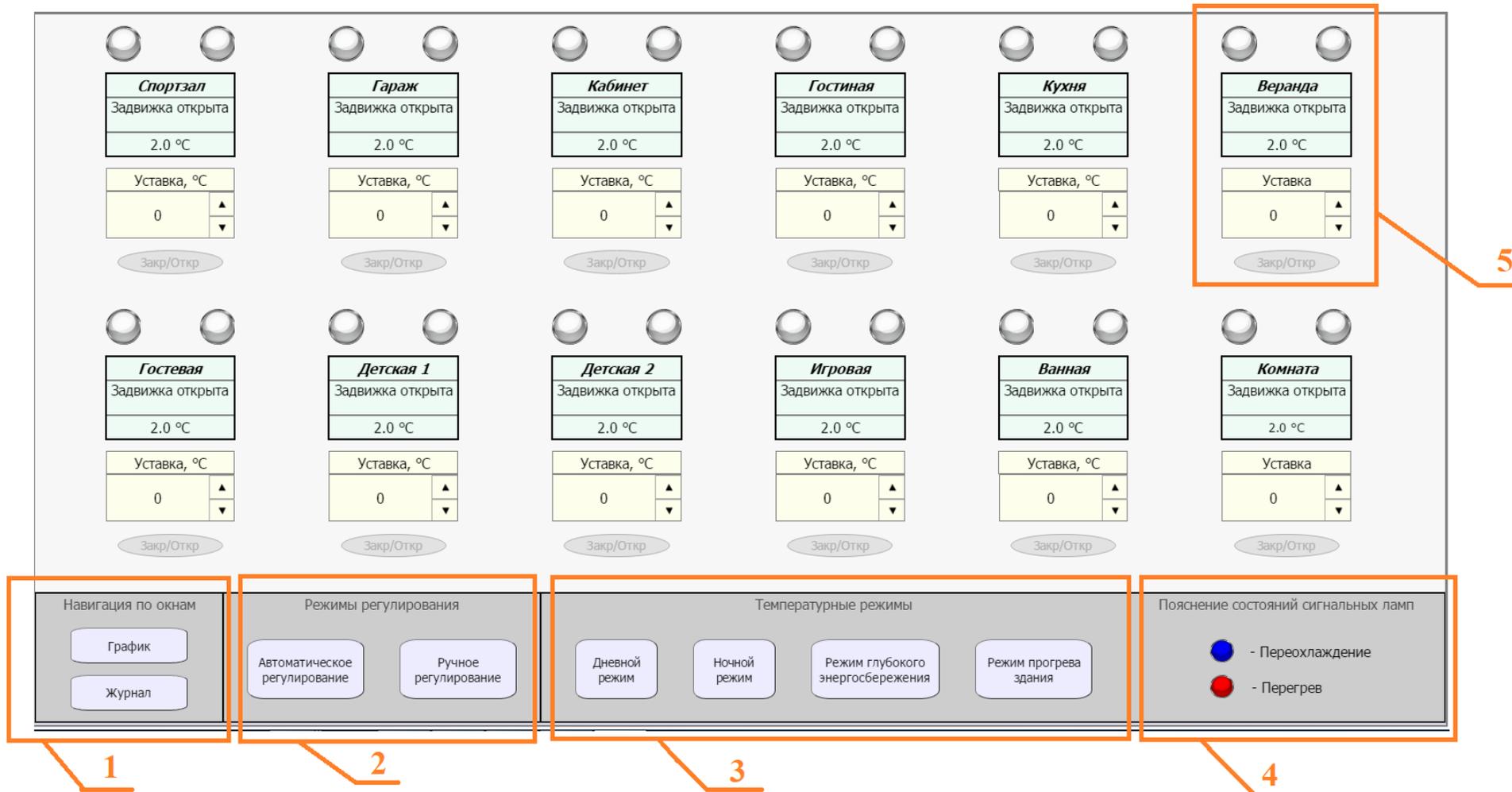


Рисунок 20 – Мнемосхема



Рисунок 21 – Блок ручного управления и индикации одного из помещений

Блок навигации по окнам (рисунок 22) состоит из двух кнопок:

1. Кнопка для переключения на окно с графиком;
2. Кнопка для переключения на окно с журналом.

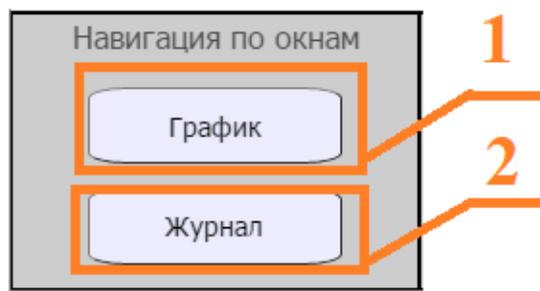


Рисунок 22 – Блок навигации по окнам

Блок навигации по окнам (рисунок 23) состоит из двух кнопок:

1. Кнопка для выбора автоматического регулирования;
2. Кнопка для выбора ручного регулирования.



Рисунок 23 – Блок для выбора режима регулирования

Блок для выбора температурного режима здания (рисунок 24) состоит из четырех кнопок:

1. Кнопка для выбора дневного режима;
2. Кнопка для выбора ночного режима;
3. Кнопка для выбора режима глубокого энергосбережения;
4. Кнопка для выбора режима прогрева здания.



Рисунок 24 – Блок для выбора температурного режима здания

Блок для выбора температурного режима здания (рисунок 25) состоит из двух пояснений:

1. Пояснение сигнальных ламп синего цвета;
2. Пояснение сигнальных ламп красного цвета.



Рисунок 25 – Информационный блок, поясняющий цвета сигнальных ламп

На рисунке 26 изображен общий вид окна с графиками. На этом окне размещено 2. График слева показывает текущие значения температур в помещениях, а график справа показывает текущее значение уставок для каждой из комнат. Слева внизу окна располагается блок навигации по окнам внутри проекта.

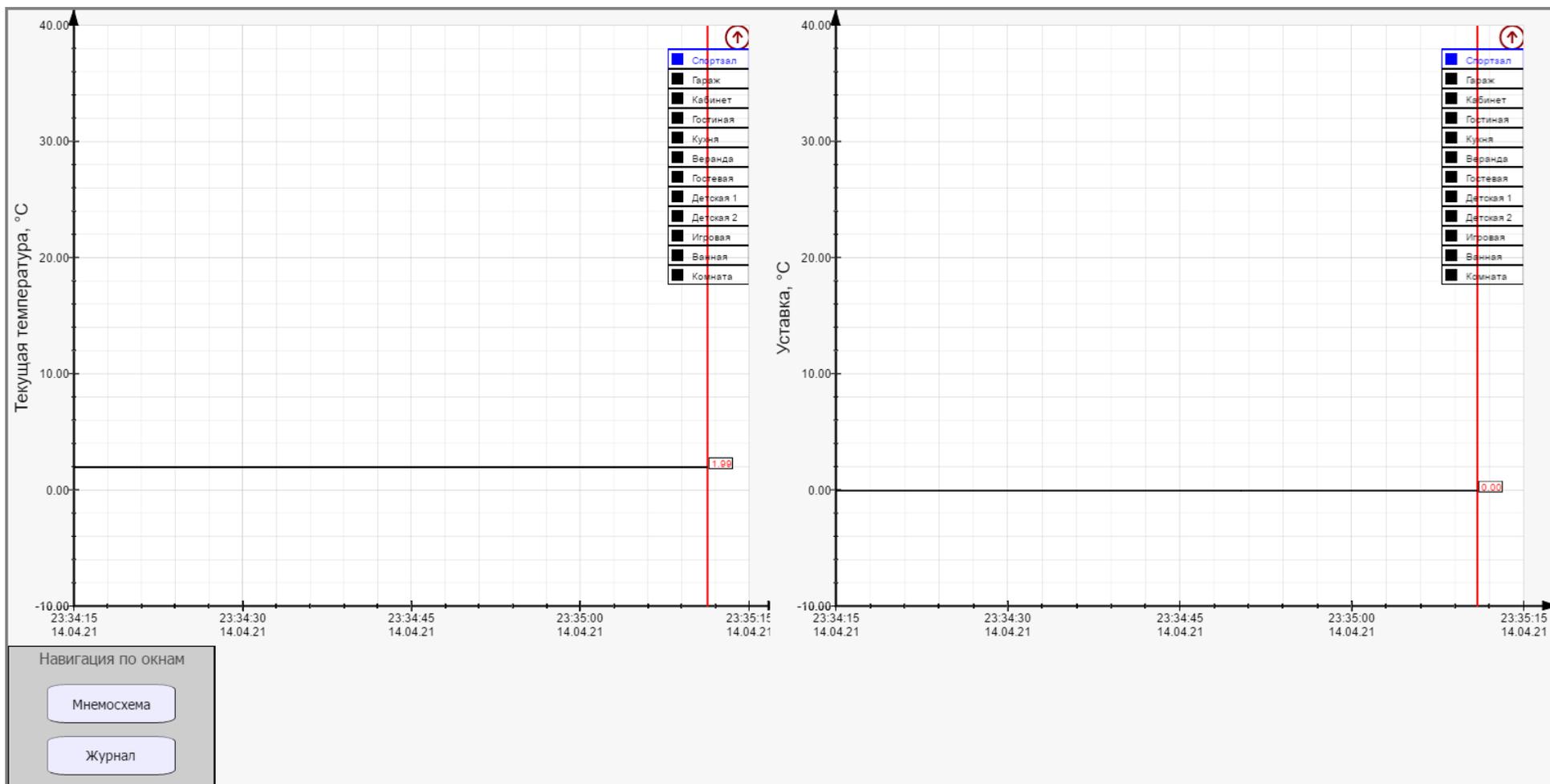


Рисунок 26 – Общий вид окна с графиками регулируемых температур

На рисунке 27 изображен график текущих значений температур в увеличенном масштабе.

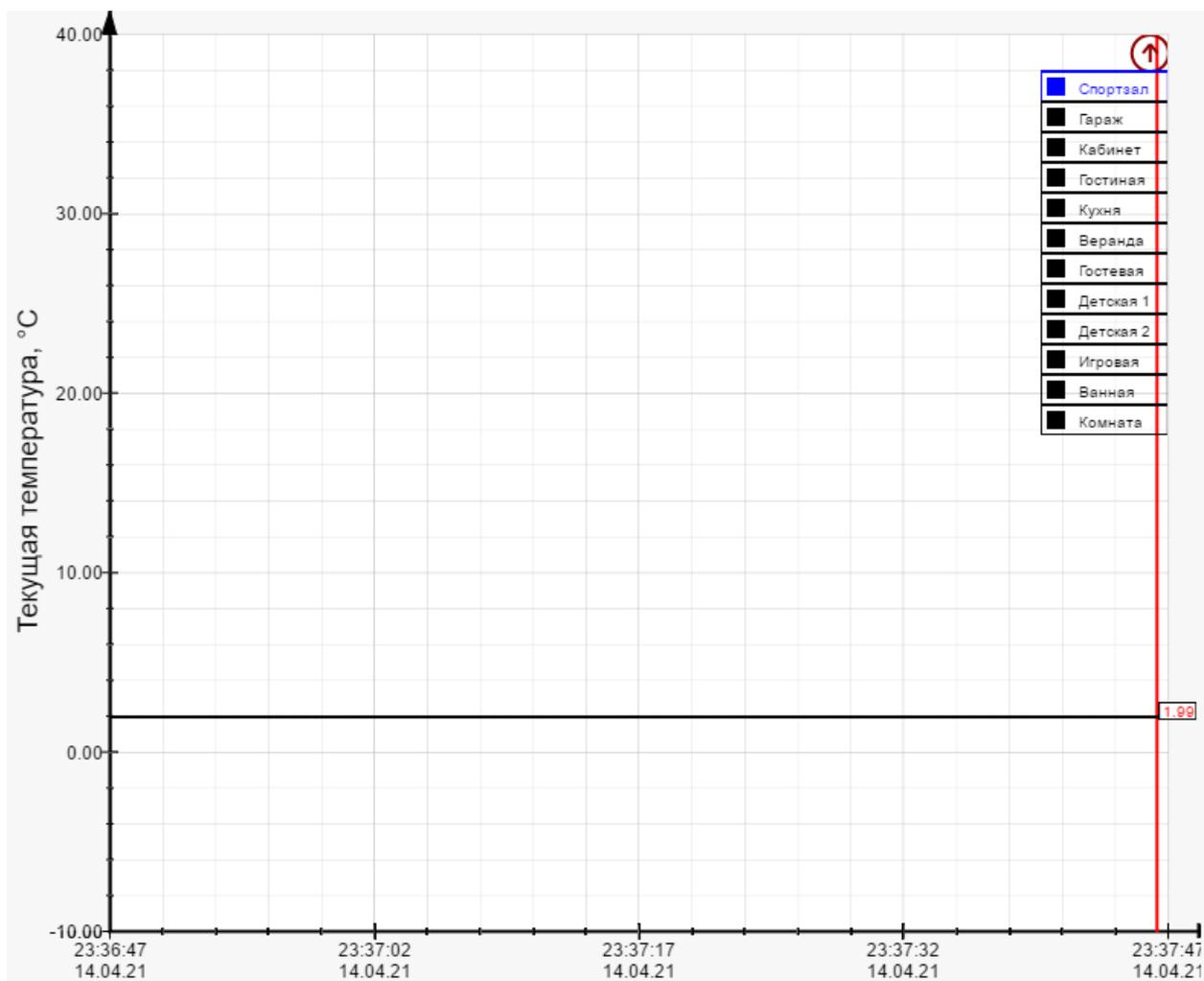


Рисунок 27 – График текущих значений температур

Как видно из рисунка, по оси у откладывается температура в градусах Цельсия со шкалой от минус 10 до 40 °C. Такой диапазон температур выбран исходя из того, что:

1. Температура в летний (межотопительный) период, как правило, не превышает 40 °C для климата Томска.
2. Снижение температуры даже до 0 °C приведет к замерзанию труб, последующее снижение температуры свидетельствует о возникновении аварийной ситуации

По оси  $x$  откладывается время. На одном графике показана 1 минута регистрации температуры.

Справа вверху располагается название отображаемой величины.

Вертикальная линия показывает текущую температуру, а в прямоугольнике около этой линии отображается значение текущей температуры.

На рисунке 28 изображен график уставок в увеличенном масштабе.

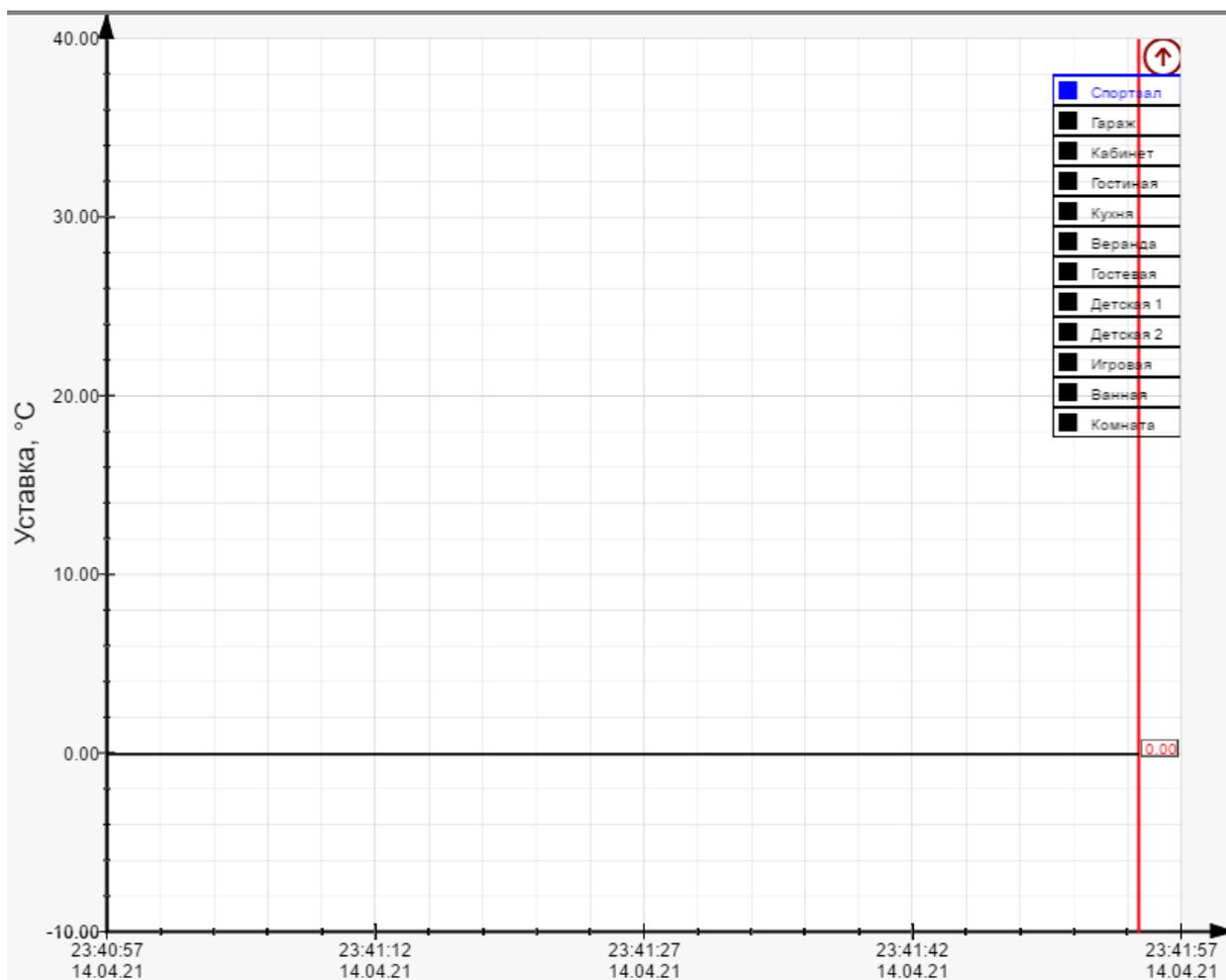


Рисунок 28 – График уставок

График уставок отличается от графика текущих значений температур только подписью на оси  $y$ .

На рисунке 29 изображен внешний вид журнал, используемого в данном проекте.

Квитировать	Время	Время квитирования	Сообщение
Квит	15.04.2021 01:28:58		Включено автоматическое регулирование
Квит	15.04.2021 01:28:57		Включен режим прогрева здания
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в спортзале
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в гараже
	15.04.2021 01:28:57	15.04.2021 01:50:15	Переохлаждение в кабинете
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в гостиной
	15.04.2021 01:28:57	15.04.2021 01:50:12	Переохлаждение на кухне
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение на веранде
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в гостевой
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в детской 1
	15.04.2021 01:28:57	15.04.2021 01:50:12	Переохлаждение в детской 2
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в игровой
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в ванной
Квит	15.04.2021 01:28:57		Переохлаждение в комнате
	15.04.2021 01:27:28	15.04.2021 01:50:13	Перегрев в гостиной
Квит	15.04.2021 01:27:27		Перегрев на кухне
	15.04.2021 01:27:27	15.04.2021 01:50:13	Перегрев на веранде
Квит	15.04.2021 01:27:26		Перегрев в комнате
	15.04.2021 01:27:25	15.04.2021 01:50:13	Перегрев в ванной
Квит	15.04.2021 01:27:24		Перегрев в игровой
	15.04.2021 01:27:23	15.04.2021 01:50:14	Перегрев в детской 2
Квит	15.04.2021 01:27:22		Перегрев в детской 1
Квит	15.04.2021 01:27:17		Переохлаждение в спортзале
Квит	15.04.2021 01:27:17		Переохлаждение в гараже

Навигация по окнам

График

Мнемосхема

1 2 3 4

Рисунок 29 – Общий вид окна с журналом сообщений

В данном журнале включено 4 столбца:

1. Столбец с активной кнопкой «Квит» для квитирования поступающих сообщений;
2. Столбец, показывающий время появления сообщения;
3. Столбец, показывающий время квитирования сообщения;
4. Текст сообщения.

Слева внизу, так же, как и у других окон, находится блок для навигации между окнами.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа энергетики</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – 243681,24 руб., в т.ч. затраты по оплате основной заработной платы – 142957,66 руб.; дополнительной заработной платы – 17154,82 руб.; внебюджетные расходы – 48353,81 руб.; накладные расходы – 33611,21 руб.; услуги сторонних организаций – 185 руб.; материальные затраты – 12,88 руб.; затраты на специальное оборудование – 1406,39 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1,3; Накладные расходы – 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование научно-исследовательских работ; Определение трудоемкости работ; Построение диаграммы Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительная оценка характеристик проекта; Интегральный показатель ресурсоэффективности.

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

1. Матрица SWOT; 2. Диаграмма Ганта; 3. Бюджет НИ.
--

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович		

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является оценка рыночной привлекательности разработанной автоматической системы регулирования температуры воздуха в помещениях с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- определение потенциальных потребителей исследования;
- анализ конкурентов;
- определение структуры работ, сколько времени и финансовых средств необходимо для достижения поставленной цели;
- определение ресурсоэффективности исследования.

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

9.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потребителями разработанной автоматической системы регулирования являются частный сектор, многоквартирные дома, офисные здания, торговые центры и вообще любые строения, к которым подведен газ. Наличие газоснабжения в этих постройках позволяет отказаться от дорогостоящего центрального отопления и перейти на отопление посредством газовых водогрейных котлов.

9.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ позволяет определиться с наиболее сильными с коммерческой точки зрения разработками в исследуемой области. Это, в свою очередь, необходимо для оценки сравнительной характеристики научной

разработки, определения ее дальнейшего развития и успешной конкуренции с другими участниками данного сегмента рынка [32].

Отберем три конкурирующие разработки, обеспечивающие автоматическое регулирование температуры воздуха в помещениях.

### 1. Качественное регулирование.

Качественное регулирование предполагает изменение температуры теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха [4]. Этого можно достичь, например, изменением расхода газа в газовом котле. Качественный способ регулирования может быть реализован при с помощью котла с погодозависимой автоматикой и датчика температуры наружного воздуха.

### 2. Количественное регулирование.

Количественное регулирование заключается в изменении расхода теплоносителя в зависимости от температуры внутри комнаты при фиксированной температуре [4]. Этого можно достичь, например, установкой термоголовок в случае радиаторного отопления. Головки (рисунок 6) будут поддерживать температуру, соответствующую установленному значению. При этом, как говорилось ранее, температура в системе отопления в данном случае задается в ручном режиме на котле и не зависит от температуры наружного воздуха. Стоит отметить, что в данном случае осуществляется зональное (покомнатное) регулирования температуры.

### 3. Смешанное регулирование.

О комбинированном способе можно сказать то, что он совмещает в себе преимущества обоих способов регулирования (покомнатное + погодозависимое регулирование температуры), но при этом является самым дорогим в плане его реализации [4].

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в таблице 1. Позиции разработок приведены под номерами 1, 2, 3 соответственно. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 1, подобраны с учетом их

технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 25.

Таблица 25 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
2. Простота эксплуатации	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Надежность	0,2	4	5	4	0,8	1	0,8
4. Качество регулирования	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
5. Простота наладки	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
3. Стоимость обслуживания	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Итого	1	34	35	31	4,3	4,45	3,9

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Пример расчета для конкурента 1:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + \\ + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,3.$$

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что конкуренты 1 и 2 наиболее конкурентоспособны и выгодны, так как их суммарные баллы с учетом и без учета показателя веса выше, чем у конкурента 3.

Дальнейшая работа по данному разделу будет проводиться для разработки 2, которая и выбрана в данной ВКР.

### 9.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта [2].

В данном разделе проведем SWOT-анализ выбранного проектного решения. Для этого необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые появились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      С1. Ресурсосберегающая технология экономия газа и, как следствие, денег.                      С2. Применение небольшого количества элементов.                      С3. Низкая цена.                      С4. Простота эксплуатации.                      С5. Возможность расширения вследствие применения модульного контроллера.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      Сл1. Независимость температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха.                      Сл2. Возможность неполного использования преимущества конденсационных газовых котлов.                      Сл3. Некомфортная температура радиаторов.                      Сл4. Отсутствие отечественных электрических термоголовок.                      Сл5. Зависимость отопления от наличия питания в электрической сети.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1. Повышение спроса на продукт.                      В2. Чрезмерное повышение цен на отопление.                      В3. Массовое внедрение концепции умного дома.                      В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.                      В5. Производство аналогичного отечественного оборудования по более низкой цене.                      В6. Усовершенствование данной АСР.</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности».                      1. Повышение спроса на систему в виду ее привлекательности как ресурсосберегающей технологии.                      2. Массовое использование в гражданских строениях за счет простоты эксплуатации и доступной цены.                      3. При повышении стоимости конкурентных разработок данное решение будет выглядеть еще более привлекательным.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности».                      1. Производство аналогичного отечественного оборудования исключить слабость, связанную с отсутствием отечественных электрических термоголовок.                      2. При массовом внедрении концепции умного дома будут появляться решения с доступной аккумулирующей батареей, которая будет обеспечивать систему электропитанием при отключении дома от электросети.                      3. Усовершенствование данной АСР, заключающееся в учете температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха.</p>

Продолжение таблицы 26

<p><b>Угрозы:</b>          У1. Введение санкции с запретом импорта зарубежного оборудования.          У2. Появление новых, более совершенных решений.          У3. Снижение стоимости уже имеющихся на рынке конкурентных аналогов.          У4. Запрет РФ на использование зарубежных компонентов.          У5. Повышение стоимости на используемое в системе оборудование</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы».          1. При снижении цен на конкурентные решения данная разработка не потеряет спрос, так как в ней используется небольшое количество оборудования, и она проста в эксплуатации.          2. При появлении новых, более совершенных конкурентных решений имеется возможность модернизации данной АСР в виду ее расширяемости.          3. При введении санкции с запретом импорта зарубежного оборудования или запрете РФ на использование на использование зарубежных компонентов имеется возможность перехода на зарубежные рынки в виду привлекательности ресурсосберегающей технологии.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы».          1. Введение санкции приведет к дефициту электрических термоголовок, так как в России их не производят.          2. Появление конкурентных решений, в полной мере использующих преимущества конденсационных котлов, поставит под удар данную АСР.          3. Значительное удорожание данной АСР в совокупности с остальными недостатками может снизить рыночный спрос на разработку. Требуемые контроллеры выпускаются зарубежными</p>
---	---	--

При составлении матрицы SWOT-анализа были решены следующие задачи:

- 1) определены сильные стороны проекта;
- 2) определены слабые стороны проекта;
- 3) определены угрозы внешней по отношению к проекту среды;
- 4) определены возможности внешней по отношению к проекту среды;
- 5) выявлено, как сильные стороны проекта могут помочь реализовать возможности, предоставляемые внешней средой;
- 6) выявлено, каким образом слабости могут поставить проект под угрозы внешней среды;
- 7) выявлено, как сильные стороны проекта могут помочь избежать угроз внешней среды;
- 8) выявлено, как слабые стороны проекта могут быть компенсированы предоставляемыми внешней средой возможностями.

## 9.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 9.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ, установлена продолжительность работ, построен график проведения научного исследования.

В таблице 27 приведен порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 27 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Выбор направления исследования	Инженер
	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические исследования	Поиск и анализ существующих проектных решений	Инженер
	Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы
Разработка технической документации и проектирование	Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Инженер
	Разработка мероприятий связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Инженер
	Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР	Составление пояснительной записки ВКР	Инженер

### 9.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данном разделе определена трудоемкость работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностных характер.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [32]:

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [32].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

### 9.1.3 Разработка графика проведения научного исследования

Целью этого пункта выполнения работы является построение диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести календарные дни. Для этого воспользуемся формулой [32]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле [32]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

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

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

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

Количество календарных дней в 2021 году составило 365 дней, количество выходных дней и праздничных дней – 118 дней.

Коэффициент календарности для расчета временных показателей руководителя равен [32]:

$$k_{\text{кал1}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Коэффициент календарности для расчета временных показателей инженера равен:

$$k_{\text{кал2}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,47 \approx 1,5.$$

Перечень работ, исполнителей и временных показателей проекта отражен в таблице 28.

Таблица 28 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{\text{min}}$ , чел.-дни		$t_{\text{max}}$ , чел.-дни		$t_{\text{ож}}$ , чел.-дни		$T_{\text{pi}}$		$T_{\text{ki}}$	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	3	-	2,4	-	2	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	3	-	4	-	3,4	-	3	-	5

Продолжение таблицы 28

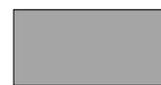
Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{min}$ , чел.-дни		$t_{max}$ , чел.-дни		$t_{ож}$ , чел.-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Выбор направления исследования	-	2	-	3	-	2,4	-	2	-	4
Календарное планирование работ по теме	2	-	3	-	2,4	-	2	-	3	-
Поиск и анализ существующих проектных решений	-	4	-	5	-	4,4	-	4	-	7
Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	-	4	-	5	-	4,4	-	4	-	7
Оценка эффективности полученных результатов	2	-	3	-	2,4	-	2	-	3	-
Определение целесообразности проведения ОКР	2	-	3	-	2,4	-	2	-	3	-
Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	-	35	-	40	-	37	-	37	-	56
Разработка мероприятий, связанных с охраной труда и экологической безопасностью	-	2	-	3	-	2,4	-	2	-	4
Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	-	2	-	3	-	2,4	-	2	-	4
Составление пояснительной записки ВКР	-	5	-	6	-	5,4	-	5	-	8

Таблица 29 – Календарный план-график проекта

Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.													
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1 Составление и утверждение технического задания	Руководитель	3	■												
2 Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	5	■												
3 Выбор направления исследования	Инженер	4		■											
4 Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3		■											
5 Поиск и анализ существующих проектных решений	Инженер	7		■											
6 Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств ин недостатков, поиск способ усовершенствования	Инженер	7		■											
7 Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	3			■										
8 Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	3			■										
9 Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Инженер	56				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10 Разработка мероприятий связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Инженер	4											■		
11 Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Инженер	4											■		
12 Составление пояснительной записки ВКР	Инженер	8											■	■	



- Руководитель



- Инженер

Календарный план-график построен на основе таблицы 28 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

### 9.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 9.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Так как основной целью проекта является разработка проектной документации, то к материальным затратам относится только бумага. В таблице 30 представлена стоимость материальных затрат на выполнение проекта.

Таблица 30 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Бумага формата А4	лист	23	0,56	12,88
Итого				12,88

#### 9.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по теме [32]. Затраты на оборудование приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Расчет бюджета

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Персональный компьютер	1	70 000	70 000
Итого			70 000

Затраты на амортизацию используемого ПК, руб./год рассчитываются по формуле линейной амортизации:

$$K_{\text{ам.г}} = \frac{T_{\text{исп.пк}} \cdot C_{\text{пк}}}{T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{исп.пк}}$  – время использования ПК;

$C_{\text{пк}}$  – цена ПК, руб.;

$T_{\text{кал}}$  – календарное время, дней;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы ПК, лет.

$$K_{\text{ам.г}} = \frac{110 \cdot 70000}{365 \cdot 5} = 4219,2 \text{ руб./год.}$$

Затраты на амортизацию используемого ПК, руб./месяц рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам.в м}} = \frac{K_{\text{ам.г}}}{12} = \frac{4219,2}{12} = 351,6 \text{ руб./месяц.}$$

Затраты на амортизацию используемого ПК, за время выполнения ВКР (4 месяца) рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам.в сем.}} = K_{\text{ам.в м}} \cdot 4 = 351,6 \cdot 4 = 1406,39 \text{ руб.}$$

### 9.3.3 Основная заработная плата исполнителей проекта

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок [32].

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [32]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

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

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (от 12 до 20 процентов от  $Z_{\text{осн}}$ ), руб.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [32]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [32]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске преподавателя в 56 рабочих дней  $M$  равно 10,3 месяца, 6-дневная рабочая неделя; при отпуске инженера в 28 рабочих дней  $M$  равно 11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя, рабочих дней;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней. (таблица 32).

Таблица 32 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздничные дни)	66	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Месячный должностной оклад работника [32]:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

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

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,15-0,2 (т.е. от 15 до 20 процентов от  $Z_{ТС}$ );

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

Месячный должностной оклад руководителя и инженера:

$$Z_M^{рук} = Z_{ТС}^{рук} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 30000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 58500 \text{ руб.};$$

$$Z_M^{инж} = Z_{ТС}^{инж} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 37700 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя и инженера:

$$Z_{дн}^{рук} = \frac{Z_M^{рук} \cdot M}{F_d} = \frac{58500 \cdot 10,3}{243} = 2479,63 \text{ руб.};$$

$$Z_{дн}^{инж} = \frac{Z_M^{инж} \cdot M}{F_d} = \frac{37700 \cdot 11,2}{219} = 1928,04 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя и инженера:

$$Z_{осн}^{рук} = Z_{дн}^{рук} \cdot T_p = 2479,63 \cdot 9,6 = 23804,44 \text{ руб.};$$

$$Z_{осн}^{инж} = Z_{дн}^{инж} \cdot T_p = 1928,04 \cdot 61,8 = 119152,66 \text{ руб.}$$

Суммарная основная заработная плата:

$$Z_{осн}^{сум} = Z_{осн}^{рук} + Z_{осн}^{инж} = 23804,44 \text{ руб.} + 119152,66 \text{ руб.} = 142957,1 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ТС}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	30000	0,3	0,20	1,3	58500	2479,63	9,6	23804,44
Инженер	20000	0,3	0,15	1,3	37700	1928,04	61,8	119152,66
Итого $Z_{осн}$								142957,10

#### 9.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и

общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.) [32].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [32]:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15).

Дополнительная заработная плата руководителя и инженера:

$$З_{\text{доп}}^{\text{рук}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 0,12 \cdot 23804,44 = 2856,53 \text{ руб};$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{инж}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 0,12 \cdot 119152,66 = 14298,32 \text{ руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата:

$$З_{\text{доп}}^{\text{сумм}} = З_{\text{осн}}^{\text{рук}} + З_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 2856,53 \text{ руб.} + 14298,32 \text{ руб.} = 17154,85 \text{ руб.}$$

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

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФОМС) от затрат на оплату труда работников [32].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [32]:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2021 году коэффициент отчислений составил 0,302 (т.е. 30,2 процентов).

Величина отчислений во внебюджетные фонды руководителя и инженера:

$$З_{\text{внеб}}^{\text{рук}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{рук}} + З_{\text{доп}}^{\text{рук}}) = 0,302 \cdot (23804,44 + 2856,53) = 8051,62 \text{ руб},$$

$$Z_{\text{внеб}}^{\text{инж}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} + Z_{\text{доп}}^{\text{инж}}) = 0,302 \cdot (119152,66 + 14298,32) \\ = 40302,19 \text{ руб.}$$

Суммарные внебюджетные расходы:

$$Z_{\text{внеб}}^{\text{сумм}} = Z_{\text{внеб}}^{\text{рук}} + Z_{\text{внеб}}^{\text{инж}} = 8051,62 \text{ руб.} + 40302,19 \text{ руб.} = 48353,81 \text{ руб.}$$

### 9.3.6 Услуги сторонних организаций

Данный раздел включает затраты, связанные с выполнением каких-либо работ сторонними организациями.

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками. В таблице 34 представлен перечень услуг, предоставляемых сторонними организациями.

Таблица 34 – Услуги сторонних организаций

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Печать листов формата А3	шт.	3	35	105
Печать листов формата А2	шт.	3	10	30
Брошюровка	1	1	50	50
Итого				185

### 9.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [32]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 процентов [32].

Величина накладных расходов:

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{накл}} &= (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + Z_{\text{контр}}) \cdot k_{\text{нр}} = \\
 &= (142957,66 + 17154,85 + 48353,81 + 12,88 + 1406,39 + 185) \cdot 0,16 = \\
 &= 33611,21 \text{ руб.}
 \end{aligned}$$

### 9.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [32].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 35. На рисунке 30 представлена диаграмма бюджета затрат научно-технического исследования.

Таблица 35 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	12,88	Пункт 3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	1406,39	Пункт 3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	142957,1	Пункт 3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17154,85	Пункт 3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	48353,81	Пункт 3.5
6. Услуги сторонних организаций	185	Пункт 3.6
7. Накладные расходы	33611,21	Пункт 3.7
8. Бюджет затрат НТИ		243681,24 руб.



Рисунок 30 – Диаграмма бюджета затрат НТИ

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта можно определить следующим образом [32]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

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

$a_i$  – весовой коэффициент;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта проведен с помощью таблицы 36. Первое исполнение проекта – это АСР с качественным регулированием температуры, второе исполнение – АСР с количественным регулированием, третье – АСР со смешанным регулированием температуры.

Таблица 36 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проект

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,05	5	4	3
3. Динамическая точность системы	0,05	3	4	5
4. Энергосбережение	0,3	3	4	5
5. Надежность	0,1	4	5	4
6. Материалоемкость	0,2	3	5	3
7. Срок эксплуатации	0,2	5	5	5
ИТОГО	1	28	31	30

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,3 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 = 3,8;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,5;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,05 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 = 4,4.$$

Из полученных значений показателей ресурсоэффективности можем сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом исполнения разработки является АСР с количественным регулированием температуры, так как данное исполнение обладает более высокими показателями надежности и материалоемкости среди представленных конкурирующих разработок.

Вывод по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Главной целью данного раздела была оценка коммерческой ценности проекта.

В первой части была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Были выявлены потенциальные потребители разрабатываемого проекта, а также проанализированы технические решения, предлагаемые конкурентами. Основными потребителями данного проекта являются частный сектор, многоквартирные дома, офисные здания, торговые центры. Среди основных существующих технических решений для автоматического регулирования температуры воздуха на рынке имеются АСР с качественным регулированием и АСР со смешанным регулированием. Предлагаемым решением является АСР с количественным регулированием.

Составленная матрица SWOT-анализа позволила определить сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы, которые присутствуют во внешней относительно проекта среде.

Во второй части была определена структура работ в рамках научного исследования и трудоемкость их выполнения, разработана диаграмма Ганта, на которой показано, что для выполнения данной работы необходимо потратить 107 дней. Больше всего времени потрачено на разработку проектной технической документации и подбор оборудования (56 дней).

В третьей части, выполнены расчеты материальных затрат, затрат на оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды, контрагентные и накладные расходы, а также определен и сформирован бюджет научно-технического исследования. Для данной работы основными расходами являются основная заработная плата (155926,9 руб.) и отчисления во внебюджетные фонды (52740,71 руб.).

В четвертой части были определены интегральные показатели ресурсоэффективности в трех различных исполнениях с дальнейшим

сравнением и выводом о наиболее ресурсоэффективном исполнении. Самым ресурсоэффективным исполнением оказалась выбранная в данном проекте АСР с количественным регулированием, так как обладает наиболее низкой материалоемкостью и наиболее высокой надежностью, значительно не уступая другим показателям ресурсоэффективности.

## Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<b>Автоматическая система регулирования температурного режима в помещениях индивидуального жилого дома</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: автоматическая система регулирования температурного режима. Область применения: комфортные (оптимальные для человека) температуры в жилых помещениях.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	-ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора; - ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление; - СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов; - ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: -отклонение параметров микроклимата; -повышенный уровень шума на рабочем месте; -повышенный уровень электромагнитного излучения; Опасные факторы: -термический ожог; -поражение электрическим током; -утечка газа.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выбросы в атмосферу углекислого газа вследствие сжигания газа в водогрейном котле.

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: -опасность пожара; -прорыв горячего трубопровода; -взрыв газа; -затопление помещений. Типичные ЧС: -прорыв горячего трубопровода.	
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>		19.03.2021

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Леонтьев Марк Михайлович		

## 10 Социальная ответственность

В данной выпускной квалификационной работе разработана автоматическая система регулирования (АСР) температуры воздуха в помещениях с использованием газового водогрейного настенного котла NAVIEN GSK-55K, установленного в помещении котельной. Газ подводится прямо к котлу. Настенный газовый котел представляет собой компактную, полностью укомплектованную микрокотельную, предназначенную для отопления и горячего водоснабжения.

На первом этаже располагаются преимущественно нежилые помещения: спортзал, веранда, кухня, котельная, мастерская, гараж, кладовая, постирочная, санузел. Соотношение площадей жилых/нежилых помещений равно 0,25.

На втором этаже располагаются преимущественно жилые помещения: комната, игровая, две детские. Соотношение площадей жилых/нежилых помещений равно 1,31.

### 10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке рабочего места для АСР температурного режима в помещениях индивидуального жилого дома разработчик преимущественно находится в сидячем положении перед компьютером. Чтобы разработчику было комфортно выполнять свою работу, необходимо провести следующие мероприятия согласно ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 [33]:

- обеспечить угол обзора (оптимальный угол  $0^\circ$ ) не должен превышать  $40^\circ$  по всей активной площади экрана;
- обеспечить комфортные температуры рабочей поверхности сиденья и частей каркаса, которые при работе могут контактировать с пользователем;

- в конструкции сиденья должно быть принято во внимание, что пользователи должны иметь возможность установить и изменить положение сиденья в любое время;
- нижняя часть опоры для спины должна начинаться на уровне крестцовой области, иметь максимальную выпуклость в середине поясничной области и заканчиваться ниже уровня лопаток, чтобы не препятствовать перемещению верхней части тела.

Как такового рабочего места в привычном понимании в данной работе не предусматривается. Человек (хозяин дома) очень редко (раз в пару дней или еще реже) приходит в котельную, чтобы посмотреть работоспособность технических средств автоматизации, располагающихся в шкафу управления. При этом осмотр не занимает более пяти минут. К организационным мероприятиям при компоновке и эксплуатации рабочей зоны относятся:

- заземление щита управления согласно ГОСТ 12.1.030-81 [34];
- теплоизоляция горячих поверхностей котла и труб с горячим теплоносителем согласно СП 61.13330.2012 [35];
- устранение возможных возникновений взрывоопасной газовой смеси вокруг источника воспламенения согласно ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011 [36];
- устранение источника воспламенения согласно ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011.

## 10.2 Производственная безопасность

### 10.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

В таблице 37 отражен перечень опасных и вредных факторов, возникающих при разработке, изготовлении и эксплуатации АСР в соответствии с классификацией, указанной в [37].

Таблица 37 – Опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Экспл уатац ия	
1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [38].
2. Повышенный уровень шума	+	+	+	СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [39].
3. Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [40].
4. Отклонение параметров микроклимата	+	+	+	ГОСТ 30494-2011. Параметры микроклимата в помещениях [41].
5. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.	+	+	+	ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий [42].
6. Взрывоопасность газа	+	+	+	ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды [36].

Питание щита управления осуществляется с силового щита, который выдает напряжение в 220 В. При повреждении изоляции провода корпус щита КИПиА может оказаться под напряжением. В таком случае возникает опасность поражения человека электрическим током. Действие электрического тока приводит к электротравмам и электрическим ударам. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать значений, указанных в таблице 38 согласно источнику [38]. Для защиты человека от поражения электрическим током необходимо заземлять электрооборудование.

Таблица 38 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, при продолжительности воздействия тока $t$ , с									
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Переменный 50 Гц	U, В	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60
	I, мА	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50

Повышенный уровень шума присутствует вблизи котельного агрегата. При воздействиях повышенных шумов на органы слуха человека возникает опасность снижения и потери слуха. Предельно допустимые уровни звука представлены в таблице 39 согласно источнику [39].

Таблица 39 – Предельно допустимые уровни звука

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц		Уровень звука, $L_A$ , дБА	Максимальный уровень звука, $L_{A\text{макс}}$ , дБА
250	500		
77	73	75	90

Так как современные бытовые котлы работают тихо, то нет необходимости в их шумоизоляции. Периодически следует проводить технический осмотр, потому неисправности могут приводить к повышенному уровню шума.

Электромагнитное излучение возникает вблизи шкафа управления, так как в нем находится большое количество электронного и электрических устройств. Вредное влияние данного излучения может стать причиной возникновения хронических заболеваний и болезней, связанных с психоэмоциональным состоянием. Предельно допустимые уровни электромагнитных полей приведены в таблице 40 согласно источнику [40].

Таблица 40 – Предельно допустимые уровни электромагнитных полей

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц
	0,06 до 3
$E_{пд}$ , В/м	500
$H_{пд}$ , А/м	50

Для снижения электромагнитных полей следует экранировать все электроприборы.

В котельной наблюдается повышенная температура. Долгое пребывание в данном помещении может вызвать удушье, тепловой удар, отдышку, повреждение слизистых оболочек, повышению давления и общему недомоганию организма. Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата для помещений рассматриваемого здания приведены в таблице 41 согласно источнику [41].

Таблица 41 – Оптимальные и допустимые нормы температуры воздуха в помещениях жилых зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
		допустимая	допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	18-24 (20-24)	60
	Кухня	18-26	Не нормируется
	Туалет	18-26	Не нормируется
	Ванная, совмещенный санузел	18-26	Не нормируется
	Помещения для отдыха и учебных занятий	18-24	60
	Вестибюль, лестничная клетка	14-20	Не нормируется
	Кладовые	12-22	Не нормируется
Теплый	Жилая комната	20-28	65

Для комфортных условий для работы персонала необходимо установить системы кондиционирования, вентиляции и увлажнения.

Поверхность котла имеет высокую температуру. Следовательно, при контакте человеческой кожи с данной поверхностью человек может получить

ожог. Максимальные температуры доступных для прикосновения частей электрооборудования приведены в таблице 42 согласно источнику [42].

Таблица 42 – Максимальные температуры доступных для прикосновения частей электрооборудования

Доступные для прикосновения части электрооборудования	Материал доступных частей	Максимальные температуры, °С
Части, не предназначенные для удержания руками	Металл Не металл	70 80

Для безопасности персонала необходимо покрывать тепловой изоляцией трубопровода.

В случае утечки газа возможна его детонация от электроприборов или пламени горелки внутри котла. Взрыв газа, помимо механических разрушений, может привести к дальнейшему возгоранию в помещении. Если газ не сдетонировал, то его повышенная концентрация в воздухе может привести к удушью находящихся в помещении людей. Согласно источнику [36] в домах не допускается утечка газа. При её появлении необходимо незамедлительно перекрыть газопровод и вызвать сотрудников технического обслуживания газового оборудования.

#### 10.2.2 Обоснование мероприятий по предотвращению и снижению вредных и опасных факторов

Для предотвращения поражения электрическим током необходимо:

- заземлить корпус щита КИПиА;
- при контакте с оборудованием применять средства специальной защиты;
- приводить периодический осмотр изоляции;
- периодически «прозванивать» корпус на наличие напряжения индикаторной отверткой.

Для предотвращения ожогов необходимо надевать перчатки из материала с низким коэффициентом теплопроводности и наклеить предупреждающие знаки на горячих поверхностях.

В ситуациях, когда может образоваться взрывоопасная газовая смесь, должны быть приняты меры обеспечения безопасности, которые позволяют:

- устранить возможность возникновения взрывоопасной газовой смеси вокруг источника воспламенения;
- устранить источник воспламенения [36].

В случаях, когда невозможно обеспечить указанные меры безопасности, средства защиты, технологическое оборудование и способ проведения технологического процесса должны быть такими, чтобы вероятность одновременного наличия взрывоопасной газовой смеси и источника воспламенения была ниже допустимого уровня.

В котельной для предотвращения перегрева помещения можно установить вытяжной вентилятор. Также можно покрыть горячие трубы и поверхность котла теплоизоляционным материалом.

Новые бытовые котлы работают практически бесшумно. Для профилактики возникновения шумов в будущем необходимо регулярно проводить технический осмотр котла и системы отопления в целом.

### 10.3 Экологическая безопасность

Для данного типа топлива, которое используется в рассматриваемой системе отопления (метан), выбросами при сжигании являются лишь углекислый газ и водяной пар. Эти выбросы не приносят вреда окружающей среде. Можно посчитать, что углекислый газ ускоряет глобальное потепление, но в тех количествах, в которых он сжигается в частном доме, углекислый газ не способен нанести сколько-нибудь серьёзный вред экологии. Исходя из вышесказанного, сжигание газа не несёт негативного влияния на атмосферу.

Также можно отметить, что если нет вредных выбросов в атмосферу, то и не будет дальнейшего загрязнения гидросферы и литосферы земли.

В процессе эксплуатации водогрейного котла на газовом топливе происходит выброс углекислого газа, угарного газа и оксидов азота.

#### 10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Основные чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на данном объекте: пожары, взрывы, разрывы трубопроводов, затопление помещений.

Типичная чрезвычайная ситуация для данного объекта – прорыв горячего трубопровода, при котором происходят ожоги находящихся рядом людей и затопление помещений.

В случае прорыва трубопровода люди, находящиеся в помещении, должны:

- 1) незамедлительно его покинуть и затем перекрыть трубу, на которой произошла авария;
- 2) отключить в данном помещении электричество, чтобы исключить возможность поражения электрическим током при контакте с водой, которая вытекла на пол и могла попасть на электроприборы, розетки, проводку и т.д.
- 3) обеспечить доврачебную помощь людям в случае поражения электрическим током или в случае ожога горячим теплоносителем в соответствии с [43].

## Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Суть данного раздела заключается в том, чтобы обеспечить безопасность во время эксплуатации разработанной АСР температуры в помещениях рассматриваемого жилого дома. При соблюдении всех мер безопасности данный объект будет нести минимальные риски возникновения чрезвычайных ситуаций.

## Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены основы проектирования автоматической системы регулирования АСР температуры воздуха в помещениях. Итогом работы является разработанная система автоматического регулирования температуры воздуха. Для проектировки АСР были выполнены следующие задачи:

- 1) выбрана структура АСР;
- 2) произведен выбор современных технических средств;
- 3) составлена заказная спецификация;
- 4) разработана принципиальная электрическая схема;
- 5) разработана монтажная схема;
- 6) разработан чертеж общего вида щитовой конструкции;
- 7) разработано программное обеспечение среднего и верхнего уровней;
- 8) проведена оценка коммерческой ценности проекта;
- 9) описаны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Разработанная автоматическая система регулирования позволяет экономить средства за счет снижения потребления топлива (газа), когда дома отсутствуют люди, либо когда на улице тепло и нет необходимости в отоплении. Помимо экономии средств, данная АСР обеспечивает оптимальные температурные режимы в помещениях дома.

Использование свободно программируемого логического контроллера добавляет гибкости системе регулирования, так как имеется возможность изменить код программы или написать другой код в соответствии с новыми требованиями.

Вследствие того, что выбранный контроллер ОВЕН ПЛК210 имеет возможность непосредственного подключения датчиков, в том числе термопреобразователей сопротивления, то отпадает необходимость в использовании нормирующих преобразователей первичных сигналов.

Отсутствие нормирующих преобразователей в данном случае ведет к снижению общей стоимости разработанной АСР.

В работе была разработана SCADA-система для автоматической системы регулирования температуры в двухэтажном доме. В функционал этой системы вошли: автоматическое и ручное регулирование температуры; 4 встроенных температурных режима для всего здания; графики текущих температур и уставок; журнал сообщений; сигнализации переохлаждения и перегрева помещений.

Прежде, чем разрабатывать мнемосхему, был написан программный код в среде программирования CODESYS на языке ST. В дальнейшем при отладке системы код многократно перерабатывался и дополнялся.

Для запуска программы, написанной в CODESYS, среда разработки SCADA-систем MasterSCADA была связана с CODESYS-сервером по протоколу OPC DA.

## Список использованных источников

1. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
2. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. Учебник. - М: Изд. ИНФРА-М, 2012. – 480с.
3. СНиП 23-05-95\* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1).
4. Регулирование температуры в помещениях с теплыми полами и радиаторами [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: <http://home-engineering.net/articles/regulation/regulation.shtml> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).
5. Клаусен Аннерс Эстегор. Термостатический клапан, в частности радиаторный клапан. // Патент России № 2455674. 2015. Бюл. №3.
6. Волошенко А.В., Горбунов Д.Б. Проектирование систем автоматического контроля и регулирования. - 2 изд. - Томск: Томский политехнический университет, 2011. - 108 с.
7. ДТС термосопротивления для измерения температуры воздуха [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/termopreobrazovatel\\_soprotivleniya\\_dlya\\_izmereniya\\_temperaturi\\_vozduha\\_datchik\\_temperaturi\\_vozduha](https://owen.ru/product/termopreobrazovatel_soprotivleniya_dlya_izmereniya_temperaturi_vozduha_datchik_temperaturi_vozduha) свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).
8. Сервоприводы Watts. Каталог продукции [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: <https://wattsindustries.ru/catalog/5/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).
9. Сервоприводы Danfoss. Каталог продукции [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа:

<https://open.danfoss.ru/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).

10. Сервопривод электротермический Valtec VT.ТЕ3043.0.024 [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: [https://valtec.ru/catalog/elementy\\_avtomatiki/termogolovki\\_i\\_privody/servoprivod\\_elektrotermicheskij\\_normalno\\_zakrytyj\\_VT.ТЕ.3043.html](https://valtec.ru/catalog/elementy_avtomatiki/termogolovki_i_privody/servoprivod_elektrotermicheskij_normalno_zakrytyj_VT.ТЕ.3043.html) свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).

11. ПЛК100/150/154 контроллеры для малых систем с AI/DI/DO/AO [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/plk100\\_150\\_154](https://owen.ru/product/plk100_150_154) свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).

12. ОВЕН ПЛК210-04-CS [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/termopreobrazovatel\\_soprotivleniya\\_dlya\\_izmereniya\\_temperaturi\\_vozduha\\_datchik\\_temperaturi\\_vozduha](https://owen.ru/product/termopreobrazovatel_soprotivleniya_dlya_izmereniya_temperaturi_vozduha_datchik_temperaturi_vozduha) свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).

13. ПЛК М172 [Электронный ресурс] // Современные инженерные системы: [сайт]. – 2015-2020. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/product/TM172PDG28S/%D0%BF%D0%BB%D0%BA%D0%BC172%2C%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%B9%2C-28i-o%2Ceth%2C-2-mb%2C-2-ssr/> свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.12.2020).

14. Автоматический выключатель ВА47-29 2P 16А 4,5кА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop220.ru/mva20-2-016-c-avtomaticheskij-vyklyuchatel-va47-29-2r-16a-45ka-harakteristika-s-iek.htm>, свободный. – Загл. с экрана.

15. Розетка на DIN-рейку РМ-102 16А (18012ДЕК). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9829979/>, свободный. – Загл. с экрана.

16. Клемма винтовая проходная MTU-2,5RD. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://meyertec.owen.ru/product/mtu\\_2\\_5rd](https://meyertec.owen.ru/product/mtu_2_5rd), свободный. – Загл. с экрана.
17. Клемма винтовая проходная MTU-2,5PE. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://meyertec.owen.ru/product/mtu\\_2\\_5pe](https://meyertec.owen.ru/product/mtu_2_5pe), свободный. – Загл. с экрана.
18. Клемма винтовая проходная MTU-2,5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://meyertec.owen.ru/product/mtu\\_2\\_5](https://meyertec.owen.ru/product/mtu_2_5), свободный. – Загл. с экрана.
19. Клемма винтовая проходная MTU-2,5BL. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://meyertec.owen.ru/product/mts\\_2\\_5bl](https://meyertec.owen.ru/product/mts_2_5bl) , свободный. – Загл. с экрана.
20. Блок питания ОВЕН БП60А-24, 60Вт, 24В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/bp30a/specifications> , свободный. – Загл. с экрана.
21. Выключатель концевой ВПК-2010-БУХЛ4 толкатель IP00 ИЕК. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.iek.ru/products/catalog/oborudovanie\\_kommutatsionnoe\\_i\\_ustroystva\\_u\\_pravleniya/puskateli\\_vyklyuchateli/vyklyuchateli\\_kontsevye\\_i\\_putevye/vyklyuchatel\\_kontsevoy\\_vpk\\_2010\\_bukhl4\\_tolkatel\\_ip00\\_iek](https://www.iek.ru/products/catalog/oborudovanie_kommutatsionnoe_i_ustroystva_u_pravleniya/puskateli_vyklyuchateli/vyklyuchateli_kontsevye_i_putevye/vyklyuchatel_kontsevoy_vpk_2010_bukhl4_tolkatel_ip00_iek) , свободный. – Загл. с экрана.
22. Прибор осветительный 11 Вт розетка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nm/4295811/>, свободный. – Загл. с экрана.
23. Модуль аналогового ввода MB210-101. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/moduli\\_analogovogo\\_vvoda\\_s\\_universal\\_ni\\_mi\\_vhodami\\_ethernet\\_mv210/specifications](https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vvoda_s_universal_ni_mi_vhodami_ethernet_mv210/specifications) , свободный. – Загл. с экрана.
24. Релейный модуль PLC-RPT- 24DC/21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2900299&library=ruru&tab=1> , свободный. – Загл. с экрана.
25. Плетнев Г.П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок. Учебник для энергетических и

энергостроительных техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. – 424 с.

26. Кабель МКЭШ [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.elcn.ru/inf/3787/> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

27. Кабель ШВВП [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.asutpp.ru/provod-shvvp.html> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

28. Кабель КВВГнг-П [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://k-pps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66;-1kv\)/vvgng-p/](https://k-pps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66;-1kv)/vvgng-p/) свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

29. Ключев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

30. Линейный распределительный шкаф VX 8615.000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ru-ru/product/show/variantdetail.action;jsessionid=E5189F1FD9E9D19AEF06F39F2C65D27B?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0026SCHRANK1/PGRP21063SCHRANK1/PRO70035SCHRANK&productID=8615000>, свободный. – (дата обращения 15.04.21).

31. DIN-рейка с перфорацией – NS 35/7,5 PERF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1210019&library=ruru&tab=1>, свободный. – (дата обращения 15.04.21).

32. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

33. ГОСТ Р ИСО 9241-5-2009 Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 5. Требования к расположению рабочей станции и осанке

оператора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200076558>, свободный. – Загл. с экрана.

34. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/5200289>, свободный. – Загл. с экрана.

35. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200091050>, свободный. – Загл. с экрана.

36. ГОСТ ИЕС 60079-10-1-2011 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200097549>, свободный. – Загл. с экрана.

37. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана.

38. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/5200313>, свободный. – Загл. с экрана.

39. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901703278>, свободный. – Загл. с экрана.

40. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200272>, свободный. – Загл. с экрана.

41. ГОСТ 30494-2011. Параметры микроклимата в помещениях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901704046>, свободный. – Загл. с экрана.

42. ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001338> , свободный. – Загл. с экрана.

43. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие // О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.