



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 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ООП/ОПОП Автоматизация теплоэнергетических процессов
Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема работы
<i>АСУ теплоснабжением многоэтажного здания</i>

УДК 681.5:697.11

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н.Бутакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

**Планируемые результаты выпускника освоения образовательной программы
магистратуры по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при предварительном анализе, проектировании, синтезе, ресурсоэффективной эксплуатации автоматизированных и автоматических систем управления теплоэнергетическими процессами, а также систем теплотехнических измерений и регистрации
ПК(У)-2	Способен разрабатывать комплекты проектной, конструкторской и эксплуатационной документации для сложных систем теплотехнических измерений и управления
ПК(У)-3	Способен интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования
ПК(У)-4	Способен применять и совершенствовать фундаментальные и прикладные знания по современным динамично изменяющимся теплоэнергетическим технологиям, принципам, методам и системам их управления для прорывных научно-исследовательских работ
ПК(У)-5	Способен применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности, разрабатывать мероприятия по безопасности жизнедеятельности персонала и населения, предотвращать экологические нарушения
ПК(У)-6	Способен проводить теоретические и экспериментальные научные исследования термодинамических и физико-химических процессов в теплоэнергетике, а также систем их контроля и управления, интерпретировать, давать практические рекомендации по внедрению результатов исследований в

	производство, критически их интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований
ПК(У)-7	Способен руководить коллективом специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, разрабатывать мероприятия по предотвращению экологических нарушений
ПК(У)-8	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий



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 (ООП/ОПОП) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
П.А. Стрижак
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна

Тема работы:

АСУ теплоснабжением многоэтажного здания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 41-33/с от 10.02.2023 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Архитектурная концепция; 2. Местоположение объекта; 3. Климатические условия; 4. Нормируемые температуры внутри помещений; 5. Температурный график системы отопления; 6. Принципиальная схема ИТП.
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературных источников. 2. Описание архитектурно-планировочных решений. 3. Расчет тепловых потерь. 4. Гидравлический расчет. 5. Расчет экономической выгоды потребителя. 6. Разработка комплекта проектной документации. 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8. Социальная ответственность.

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схемы структурные; 2. Схемы функциональные; 3. Схемы внешних соединений; 4. Схемы электрических соединений; 5. Общий вид щитов.
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Якимова Татьяна Борисовна
Социальная ответственность	Доцент ООД ШБИП, к.т.н., Сечин Андрей Александрович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Литературный обзор (Literature review)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 121 с., 17 рис., 31 табл., 49 источников, 6 прил.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, распределенное управление, индивидуальный тепловой пункт, узел учета тепловой энергии, автоматизированная система учета воды и тепла.

Объектом исследования являются системы энергоснабжения многоэтажного жилого здания с коммерческими помещениями на первом этаже и подземным этажом.

Цель работы – разработка и проектирование комплекса систем автоматизации для многоэтажного жилого здания, расчет системы отопления и экономической выгоды потребителя.

В процессе исследования проводились моделирование системы отопления, расчет тепловых нагрузок и гидравлический расчет системы отопления для определения возможности поддержания температурного баланса во всем здании при локальных изменениях температуры в отдельных помещениях. Выполнен обзор литературных источников. Подобрана структура систем контроля, управления и диспетчеризации, технические средства автоматизации. Разработан комплект проектной документации, который содержит функциональные схемы, схемы внешних подключений, электрические схемы, общий вид щитов контроля, управления и диспетчеризации.

В результате выполненной работы разработан комплекс систем автоматизации для контроля и управления расходом теплоносителя, система диспетчеризации. Проектная документация разработана в соответствии с исходными данными, техническим заданием, а также нормами и правилами, действующими на территории Российской Федерации.

Область применения: строительство промышленных зданий, гражданский жилых и общественных зданий.

Значимость работы заключается в разработке дополнительной системы управления температурным режимом в отдельных помещениях, позволяющей экономить на ежемесячных коммунальных платежах за счет частичного контроля расхода теплоносителя собственниками помещения.

Содержание

Введение.....	11
Обозначения и сокращения.....	13
1 Аналитический обзор литературных источников.....	14
2 Описание архитектурно-планировочных решений	22
3 Расчет тепловых потерь.....	24
3.1 Теоретическая база	24
3.2 Расчет тепловых потерь.....	26
4 Гидравлический расчет системы отопления	31
4.1 Описание системы отопления.....	31
4.2 Расчет гидравлики.....	35
5 Расчет экономической выгоды потребителя	39
6 Разработка комплекта проектной документации.....	40
6.1 Разработка системы узла внешнего коммерческого учета тепла.....	40
6.2 Разработка общедомового узла учета системы отопления и ГВС.....	44
6.3 Разработка автоматизированной системы контроля и управления ИТП.....	47
6.4 Разработка системы контроля и управления температурным режимом помещений	50
6.5 Разработка автоматизированной системы коммерческого учета воды и тепла	51
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... ..	54
7.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54
7.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
7.3 SWOT-анализ.....	59
7.4 Инициация проекта	61
7.4.1 Цели и результаты проекта	61
7.4.2 Организационная структура проекта.....	62
7.4.3 Ограничения и допущения проекта	63
7.5 Планирование управления научно-техническим проектом	64
7.5.1 План проекта	64

7.5.2 Бюджет научного исследования.....	66
7.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	72
7.6.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности	72
7.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	74
8 Социальная ответственность	77
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	77
8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	78
8.2 Производственная безопасность	80
8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	80
8.2.2 Мероприятия по обеспечению безопасности работников.....	85
8.2.3 Расчет системы воздухообмена в общественном помещении	86
8.3 Экологическая безопасность.....	88
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	89
8.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	90
Заключение	91
Список использованных источников	93
Приложение А (справочное)	99
Приложение Б (обязательное).....	109
Приложение В (обязательное)	114
Приложение Г (обязательное).....	116
Приложение Д (обязательное)	118
Приложение Е (обязательное).....	120

Графический материал (на отдельных листах):

Система 1 - Узел внешнего коммерческого учета тепла

ФЮРА.421000.013 С1.1 Схема структурная;

ФЮРА.421000.013 С2.1 Схема функциональная;

ФЮРА.421000.013 С5.1 Схема внешних подключений;

ФЮРА.421000.013 Э4.1 Схема электрических соединений;

ФЮРА.421000.013 ВО.1 Общий вид щита;

ФЮРА.421000.013 СО.1 Спецификация оборудования, изделий и материалов.

Система 2 – Общедомовой узел учета системы отопления и ГВС

ФЮРА.421000.013 С1.2 Схема структурная;

ФЮРА.421000.013 С2.2 Схема функциональная;

ФЮРА.421000.013 С5.2 Схема внешних подключений;

ФЮРА.421000.013 Э4.2 Схема электрических соединений;

ФЮРА.421000.013 ВО.2 Общий вид щита;

ФЮРА.421000.013 СО.2 Спецификация оборудования, изделий и материалов.

Система 3 – Автоматизированная система контроля и управления ИТП

ФЮРА.421000.013 С1.3 Схема структурная;

ФЮРА.421000.013 С2.3 Схема функциональная;

ФЮРА.421000.013 С5.3 Схема внешних подключений;

ФЮРА.421000.013 СО.3 Спецификация оборудования, изделий и материалов.

Система 4 – Система контроля и управления температурным режимом помещений

ФЮРА.421000.013 С1.4 Схема структурная;

ФЮРА.421000.013 ВО.4 Общий вид щита;

ФЮРА.421000.013 СО.4 Спецификация оборудования, изделий и материалов.

Система 5 – Автоматизированная система коммерческого учета воды и тепла

ФЮРА.421000.013 С1.5 Схема структурная;

ФЮРА.421000.013 Э4.5 Схема электрических соединений;

ФЮРА.421000.013 ВО.5 Общий вид щита;

ФЮРА.421000.013 СО.5 Спецификация оборудования, изделий и материалов.

Введение

Современное общество развивается стремительными шагами. В связи с этим повышается уровень образования, здравоохранения, культурных и профессиональных ценностей. Все это приводит к росту численности населения и уровню урбанизации. По данным ООН и другим статистическим исследованиям в 2022 году численность населения планеты Земля достигло 8 миллиардов человек [1], а степень урбанизации составила 57% [2].

Увеличение численности городского населения ставит вопрос о том, где разместить такое количество людей. В связи с этим появляются новые жилые кварталы с большим количеством многоэтажных зданий, растущих вверх и занимающих меньшую площадь. Каждое из таких зданий требуется обеспечить теплоснабжением, газоснабжением и электроснабжением для создания комфортных условий жизни.

Увеличение численности населения также приводит и к истощению природных ресурсов. Использование природных ресурсов, таких как уголь, нефть и природный газ, способствует производству света и тепла. Увеличение спроса на энергоресурсы приводит к повышению тарифа на их использование для потребителя.

На сегодняшний день у владельца жилья нет возможности регулировать потребление теплоносителя, а размер оплаты определяется в зависимости от жилой площади и тарифа на тепловую энергию. В связи с этим, открываются перспективы для исследования возможности владельца частично влиять на количество потребляемой тепловой энергии независимо от системы отопления всего дома. Данную концепцию возможно реализовать с помощью ТСА.

Автоматизация ИТП является одной из актуальных задач на сегодняшний день. Благодаря автоматизации ИТП упрощается эксплуатация объекта и повышается комфорт жизни. Кроме того, это помогает снизить экономические расходы, благодаря рациональному потреблению энергоресурсов.

Целью настоящей работы является исследование изменений параметра теплоносителя в системе отопления при локальных изменениях температуры в отдельных помещениях, а также разработка комплекса систем автоматизации для контроля и управления расходом теплоносителя и локального пункта диспетчеризации.

Разработка данных систем позволит решить следующие задачи:

- сбор, хранение и обработку данных о количестве потребляемой тепловой энергии,
- сбор данных в общую систему диспетчеризации о состоянии технологического оборудования и систем контроля и управления,
- автоматический контроль и регулирование параметров теплоносителя,
- локальное регулирование количества потребляемого теплоносителя в рамках нормативной документации.

Выпускная квалификационная работа включает в себя расчет тепловой нагрузки на здание, гидравлический расчет, расчет экономической выгоды потребителя и разработку проектной документации.

Обозначения и сокращения

ООН – Организация Объединенных Наций;

ТСА – технические средства автоматизации;

ИТП – индивидуальный тепловой пункт;

АИТП – автоматизированный индивидуальный тепловой пункт;

СО – система отопления;

ГВС – горячее водоснабжение;

ТС – теплоснабжение;

ПЛК – программируемый логический контроллер.

1 Аналитический обзор литературных источников

Проектирование ИТП является одной из сложных задач. На разработку тепломеханической и автоматизированной части требуется большое количество трудозатрат. Такие системы автоматизации содержат множество контролируемых и измеряемых параметров. Для контроля и обслуживания ИТП требуется значительное количество обслуживающего персонала для предотвращения аварийных ситуаций, отслеживания состояния оборудования и выходов технологических параметров за допустимые пределы уставок. Для уменьшения необходимого количества обслуживающего персонала, повышения безопасности, надежности, энергоэффективности и экономии финансовых ресурсов используют различные системы автоматизации.

Автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП) предназначены для контроля и автоматического управления значениями параметров теплоносителя в системах отопления (СО), горячего водоснабжения (ГВС) и системе теплоснабжения (ТС).

При использовании АИТП необходимо учитывать все достоинства и недостатки. Отечественные и зарубежные ученые ставят различные задачи в области исследований систем автоматики в ИТП, связанные с их внедрением и эксплуатацией.

Особенности внедрения АИТП представлены в [3, 4]. Авторы проводили исследование о том, как влияет внедрение системы автоматизации на потребление тепловой энергии и гидравлические режимы внутренних систем. В ходе исследования было установлено, что экономия тепловой энергии при введении систем автоматизации составляет 10-20%. Кроме того, регулирование температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть, позволит избежать дополнительных расходов на штрафные санкции от теплоснабжающих организаций. Наглядные результаты работы представлены в виде графиков (рисунок 1-2).

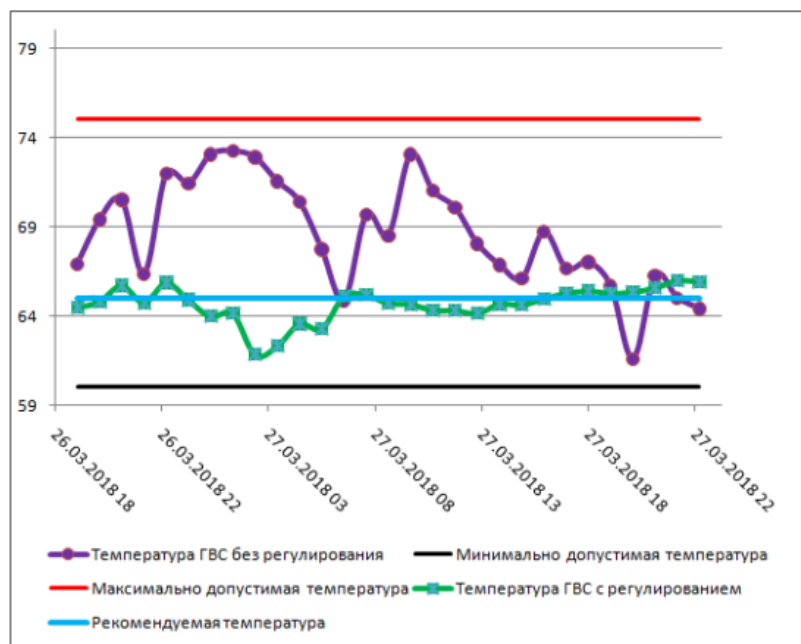


Рисунок 1 - График изменения температуры горячей воды [4]

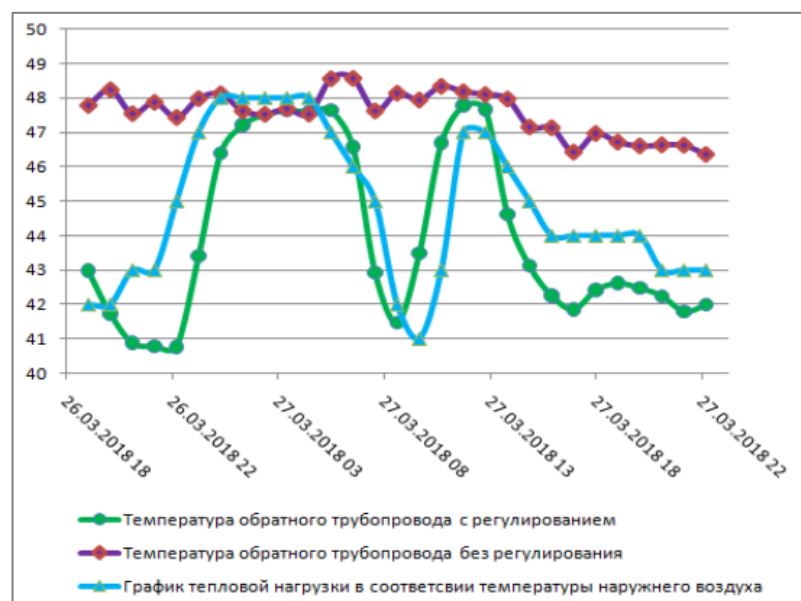


Рисунок 2 - График изменения температуры с обратного трубопровода [4]

Также в работе предлагается регулирование потребляемого тепла с учетом «погодной компенсации», т.е. с учетом температуры наружного воздуха, что также повысит экономическую эффективность системы. Учет температуры наружного воздуха позволит регулировать количество потребляемого теплоносителя автоматически и контролировать его расход.

Рекомендуемые мероприятия по повышению энергоэффективности ИТП представлены в [5,6]. Исследователи провели оценку экономии тепловой энергии при установке различных средств автоматизации. В ходе исследования было установлено [5]:

- использование автоматизированного узла управления позволит сэкономить 20% тепловой энергии,

- использование балансировочных клапанов позволит сэкономить 5% тепловой энергии,

- использование терморегуляторов позволит сэкономить 15% тепловой энергии.

Совместное применение всех мероприятий позволит сэкономить до 40% тепловой энергии.

В [7] также описаны основные элементы систем автоматизации, способствующие экономичному расходу тепловой энергии. Также указаны основные отличия ИТП от традиционных тепловых пунктов и задачи, достижение которых обеспечивается средствами автоматизации.

В [8] представлено исследование работоспособности системы управления центральным тепловым пунктом. Основными задачами данной работы являются регулирование давлений и температур СО и ГВС. Для достижения поставленных задач использовались методы изменения частот вращения исполнительных механизмов насосов, изменение положений смесительных элементов и запорно-регулирующей арматуры.

Также в [6,8] отмечается важность системы диспетчеризации для отслеживания выхода критических параметров за установленные пределы, возникновения пожароопасной ситуации, обрыва цепи датчиков и несанкционированного вмешательства в целостность системы.

Применение программируемых логических контроллеров (ПЛК) способно повысить надежность системы автоматизации ИТП. Так в [9] представлена трехуровневая система управления ИТП с учетом температуры наружного воздуха на базе контроллера Элсима-М01-24Р и программно-

инструментального комплекса «SCADA Infinity». Проектируемая система позволит отслеживать не только контролируемые параметры, но и следить за состоянием оборудования и предотвратить возникновение аварийных ситуаций.

В настоящее время ПЛК применяются как инструмент для задания уставок и контроля технологических параметров и оборудования. Однако существуют такие системы ПЛК способные прогнозировать не только значения требуемых параметров, но и изменение алгоритмов работы самого ПЛК. Пример такой системы представлен в [10]. Для обучения системы использовались данные о температуре с одного объекта, снимаемые каждые 4 минуты в течение двух месяцев. После обучения модели проведено сравнение прогнозируемых и реальных значений температуры (рисунок 3). В ходе тестирования данной системы результаты исследования показали, что ошибка составляет около $0,5^{\circ}\text{C}$.

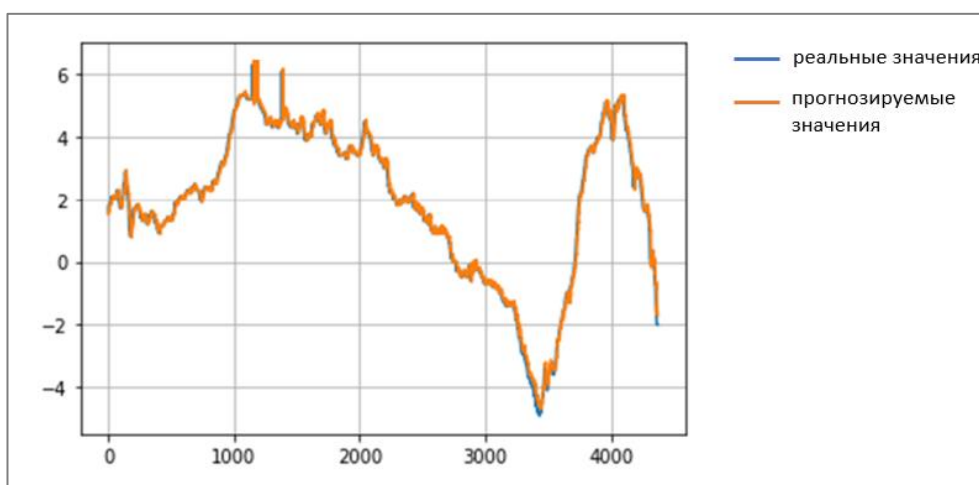


Рисунок 3 – График предсказанных и реальных значений [10]

В [11] представлены способы эффективного использования системы теплоснабжения для вентиляции и кондиционирования воздуха. Авторы предлагают использовать локальное управление и оптимальное в режиме реального времени как способы повышения энергоэффективности.

Использование локального управления включает в себя, например, изменение температуры приточного воздуха в вентиляционной установке и регулирование температуры в помещении. Для регулирования локальных изменений используется множество алгоритмов в том числе с использованием искусственного интеллекта и нейронных сетей [11].

Для оптимального регулирования в режиме реального времени требуется присутствие диспетчера для проведения оптимизации системы через интервалы. Исследователи отмечают, что такой способ регулирования подходит для местного управления и позволит повысить энергоэффективность системы вентиляции. В работе представлены результаты расчетов выгоды по энергоэффективности в зависимости от интервалов оптимизации, которые отражают как положительные, так и отрицательные стороны такого способа регулирования.

Исследования по увеличению энергоэффективности систем теплоснабжения также представлены в [12]. Однако, в данной работе рассматривается динамическое регулирование в режиме реального времени нескольких зданий. Авторы предлагают использовать методы прогнозирования с анализом данных в прошлом и проводить оптимизацию для коротких и длинных интервалов времени.

Использование средств автоматизации, применяемых в ИТП уже доказало свою энергоэффективность. Однако, вопрос о финансовой выгоде для потребителя является открытой темой для исследования. Такое исследование было проведено в [13]. В ходе проведения исследования рассматривались несколько объектов, схожих по параметрам. Главной задачей данной работы является определение экономической выгоды для потребителя, которую они могли бы получить, используя средства автоматизации. Таким образом, применение средств автоматизации позволяет экономить 10-13% денежных средств потребителя (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчетов [13]

Показатель	Значение		
	Детский сад	Многоквартирный жилой дом	Торговый центр
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	25,92	26,62	26,62
$Q_{отн}$	0,29	0,29	0,29
$\delta t_p, ^\circ\text{C}$	80	80	80
$u_p, ^\circ\text{C}$	25	25	25
$t_1', ^\circ\text{C}$	50,21	47,47	47,47
$t_2', ^\circ\text{C}$	27,01	24,27	24,27
$\Delta t', ^\circ\text{C}$	23,2	23,2	23,2
$f_{из}$	0,29	0,29	0,29
$f_{из.от}$	0,24	0,24	0,24
$S, \%$	25,89	38,16	38,16
$D, \%$	10,49	12,85	12,85
$Q_{перерасход}, \text{Гкал}$	5,79	10,03	15,39
$\mathcal{E}, \text{руб}$	10189,13	17650,59	27083,01

Перспективным направлением исследований в настоящий момент является использование нейронных сетей для прогнозирования параметров управления систем [14, 15, 16]. В [14] представлен пример обучения нейронной сети с использованием базы данных, состоящей из параметров, полученных в прошлом. Но такой способ обучения системы не всегда возможен. Так, например, в [15] представлен самостоятельный способ обучения системы, за счет поиска недостающих данных с использованием различных средств автоматизации. Первый способ удобен в том случае, когда все входные данные известны и их достаточно загрузить в нейронную сеть. В таком случае обучение системы происходит быстрее и достаточно разработать только алгоритмы прогнозирования. Второй способ обучения нейронной сети происходит дольше, так как системе необходимо самостоятельно собрать все данные, обработать их и исключить ошибки.

После разработки алгоритмов прогнозирования необходимо протестировать систему и выполнить оценку корректности ее работы. Эта задача также может быть выполнена нейронной сетью. В том случае, если алгоритм прогнозирования неверный, то нейронная сеть составит новый алгоритм. Корректно составленный алгоритм прогнозировать позволит

достигнуть оптимальных параметров управления, что также окажет влияние на энергоэффективность системы.

Для оценки системы отопления на этапе проектирования применяются интеллектуальные счетчики. Данный метод подробно описан в [16]. Когда наступает момент модернизации системы отопления необходимо четко понимать, какие части системы или оборудования требуют обновления. Для сравнения различных вариантов модернизации и выбора оптимального варианта необходимо воспроизвести динамическое поведение здания. При выборе одного из вариантов модернизации системы с помощью динамической модели поведения здания возможно оценить, как изменятся показатели системы отопления. В динамическую модель здания данные поступают с интеллектуальных счетчиков, таким образом система получает исходные данные. Данный метод также относится к методам прогнозирования и используется для модернизации систем отопления, что позволяет смоделировать систему до момента замены оборудования. Кроме того, для моделирования динамической модели предлагается использовать искусственный интеллект, что позволит ускорить выполнение расчетной модели.

Самообучающиеся алгоритмы для расчета параметров настройки систем ИТП также используют для многопараметрического анализа. Такой пример представлен в [17]. Самообучающиеся алгоритмы применяются для обнаружения неточностей и их корректировки, либо исключения. С помощью таких алгоритмов возможно улучшить производительность системы регулирования. В данной работе также представлены результаты исследования с использованием контроллеров. Исследования показали, что применение самообучающихся алгоритмов способствует предотвращению деградации контроллера.

Для прогнозирования параметров в системах автоматизации ИТП также используются различные алгоритмы моделирования. Так в [18] описывается применение модели для прогнозирования нагрузки на системы отопления,

вентиляции и кондиционирования. В данной статье рассматриваются два подхода к прогнозированию – монолитный и последовательный подход. В монолитном подходе применяется одна большая модель здания, которая включает в себя все системы. Для последовательного подхода используется разбиение одной большой модели на подсистемы. В таком случае отдельно рассматривается модель системы отопления, кондиционирования и вентиляции. Данные модели нацелены на определение нагрузки для каждой отдельной системы. Также для каждого подхода к прогнозированию учитывается температура наружного воздуха. Получение данных из систем отопления, вентиляции и кондиционирования также происходит с помощью средств автоматизации.

Различные методы моделирования представлены в [19, 20]. В статье рассматриваются варианты методов моделирования с точки зрения их эффективности и простоты внедрения, также оцениваются преимущества и недостатки.

В ходе проведения анализа литературных источников можно сделать несколько выводов:

- 1) использование средств автоматизации в системах ИТП позволяет повысить энергоэффективность всей системы,
- 2) повышение энергоэффективности способствует снижению платы за использование тепловых ресурсов для потребителя,
- 3) для контроля энергопотребления возможно использование различных алгоритмов прогнозирования,
- 4) в настоящий момент тестируются алгоритмы прогнозирования с использованием различных методов моделирования и искусственного интеллекта.

2 Описание архитектурно-планировочных решений

В данной работе приводится расчет тепловых потерь и гидравлический расчет системы отопления для многоквартирного жилого здания с коммерческими помещениями на первом этаже и подземным этажом.

Месторасположение многоквартирного жилого здания – Россия, Томская область, г. Томск.

На рисунке 4 представлен общий вид здания, смоделированный с помощью программного комплекса Audytor OZC.

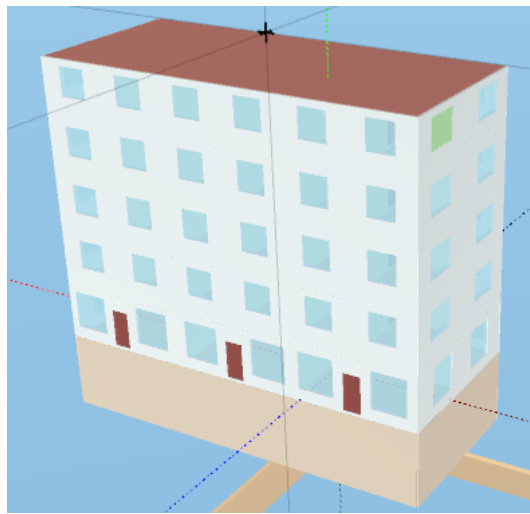


Рисунок 4 – Расчетная модель здания

В качестве ограждающих конструкций в модели приняты следующие материалы:

- 1) наружные стены – основу стен составляет керамзитоблок, в качестве утеплителя приняты минераловатные плиты,
- 2) кровля – основу составляет железобетонная плита, в качестве утеплителя принят экструдированный пенополистерол,
- 3) стены подвала – состоят из железобетонной плиты и экструдированного утеплителя,
- 4) окна, двери.

Состав и теплофизические свойства ограждающих конструкций представлены в таблице 2. Теплофизические свойства материалов приняты в соответствии с [21].

Таблица 2 – Состав стен и кровли

Тип ограждающей конструкции	Наименование материала	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности
Наружная стена	Керамзитобетонные блоки	0,200	0,520
	Плиты из минеральной ваты	0,150	0,042
Кровля	Железобетонная плита	0,200	2,040
	Экструдированный пенополистерол	0,130	0,032
Стена подвала	Железобетонная плита	0,250	2,040
	Экструдированный пенополистерол	0,080	0,032
Пол подвала	Железобетонная плита	0,250	2,040

Планировка этажей принята упрощенная и представляет собой ряд помещений с одним или двумя окнами и входной дверью. На рисунке 5 представлен план первого этажа. План типовых этажей (2-5 этаж) представлен на рисунке 6.

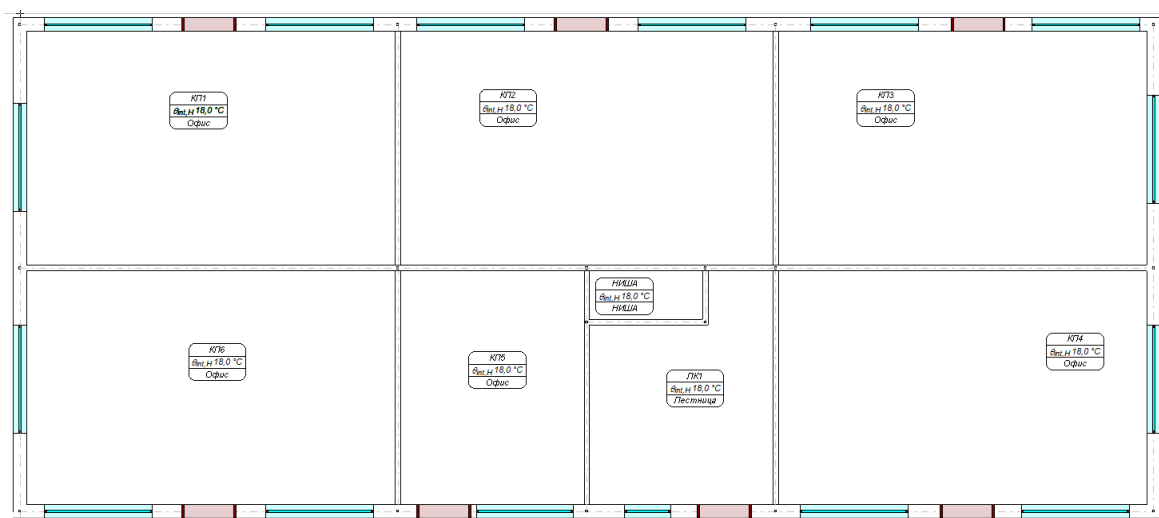


Рисунок 5 – План первого этажа



Рисунок 6 – План типового этажа

Расчетные температуры внутри отдельных помещений приняты в соответствии с рекомендациями в [22] и составляют:

- жилые комнаты + 20°C,
- угловые жилые комнаты + 22°C,
- коммерческие помещения +18°C,
- лестничная клетка +18°C,
- подвал +18°C.

3 Расчет тепловых потерь

3.1 Теоретическая база

Цель расчета – определение тепловых нагрузок на каждое отдельное помещение и суммарной тепловой нагрузки на все здание.

Расчет тепловых потерь проводился для температуры воздуха холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 при температуре –39°C. (принято по графе 5, таблицы 3.1 согласно [23]).

Расчет тепловой нагрузки на помещение $Q_{\text{пом},i}$ производится в соответствии с приложением А, формула А1 [24]:

$$Q_{\text{пом},i} = \sum_i (Q_{\text{тр},i} + Q_{\text{вент},i}) \quad (1)$$

где $Q_{\text{пом},i}$ – тепловая нагрузка i -го помещения, Вт;

$Q_{\text{тр},i}$ – трансмиссионные тепловые потери i -го помещения, Вт;

$Q_{\text{вент},i}$ – расход тепла, необходимый для нагревания приточного воздуха для i -го помещения, Вт.

Суммарная тепловая нагрузка на здание $Q_{\text{Т}}$ определяется путем сложения тепловых нагрузок i -ых помещений $Q_{\text{пом},i}$ [24]:

$$Q_{\text{Т}} = \sum_i Q_{\text{пом},i} \quad (2)$$

где $Q_{\text{Т}}$ – суммарная тепловая нагрузка на здание, Вт;

$Q_{\text{пом},i}$ – тепловая нагрузка i -го помещения, Вт.

Расчет трансмиссионных тепловых потерь $Q_{\text{тр},i}$ определяется по формуле [24]:

$$Q_{\text{тр},i} = k_i \cdot (t_{\text{вн},i} - t_{\text{нр},i}) \cdot F_i \quad (3)$$

где $Q_{\text{тр},i}$ – трансмиссионные тепловые потери, Вт;

$k_i = \frac{1}{R_i}$ – коэффициент теплопередачи i -ой ограждающей конструкции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$,

$t_{\text{вн},i}$ – температура внутри помещения, °С;

$t_{\text{нр},i}$ – температура наружного воздуха, °С;

F_i – площадь ограждающей конструкции, м².

Сопротивление i -ой ограждающей конструкции R_i , определяется по формуле [24]:

$$R_i = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (4)$$

где R_i – сопротивление i -ой ограждающей конструкции, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$;

$\alpha_{\text{в}} = 8,7$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности принятый по таблице 4 [21], $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

$\alpha_{\text{н}} = 23$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности принятый по таблице 6 [21], $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

δ_i – толщина ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности ограждающей конструкции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$;

Расчет расхода тепла, необходимый для нагревания приточного воздуха $Q_{\text{вент},i}$ для i -го помещения, определяется по формуле [24]:

$$Q_{\text{вент},i} = (t_{\text{вн},i} - t_{\text{нр},i}) \cdot L_{\text{п},i} \cdot \rho \cdot C, \quad (5)$$

где $Q_{\text{вент},i}$ – расход тепла для нагревания приточного воздуха i -го помещения, Вт;

$t_{\text{вн},i}$ – температура внутри помещения, °C;

$t_{\text{нр},i}$ – температура наружного воздуха, °C;

$L_{\text{п},i}$ – расход приточного воздуха в i -ое помещение, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ρ – плотность приточного воздуха, принимается при температуре наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

C – теплоемкость приточного воздуха, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$;

$t_{\text{вн},i}$ – температура внутри помещения, °C;

$t_{\text{нр},i}$ – температура наружного воздуха, °C.

3.2 Расчет тепловых потерь

Расчет тепловых потерь выполнен в программном комплексе Audytor OZC. Данная программа имеет расширенный функционал, что позволяет проектировщику построить точную расчетную 3D модель здания.

Методика расчета:

- 1) заполнение общих данных: климатические условия, выбор нормативной документации, на основе которой производится расчет,
- 2) создание подосновы, для построения ограждающих конструкций в формате DWG,
- 3) создание перечня ограждающих конструкций с присвоением значений теплопередачи, либо выбором ограждающих конструкций из уже имеющейся библиотеки материалов,
- 4) построения расчетной 3D модели,
- 5) создание расчетных зон – помещений,
- 6) присвоение помещениям значений температур, расходов приточного воздуха,
- 7) запуск расчета и анализ результатов.

Программа позволят достаточно точно выполнить расчет, приближенный к действительности.

В качестве примера, приведен расчет тепловой нагрузки углового помещения (№ К1.5) расположенного на последнем этаже. Модель помещения представлена на рисунке 7.

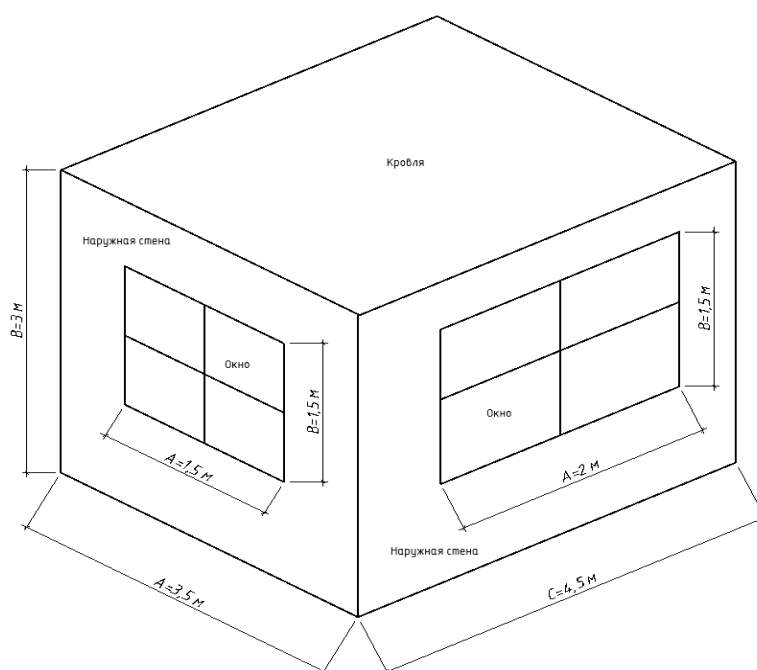


Рисунок 7 – Модель помещения №К1.5

Для расчета тепловых потерь через ограждающие конструкции $Q_{\text{тр},i}$, необходимо определить следующие коэффициенты теплопередачи k_i :

Сопротивление теплопередачи наружной стены по формуле [24]:

$$R_{\text{НС}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (6)$$
$$R_{\text{НС}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,52} + \frac{0,15}{0,042} + \frac{1}{23} = 4,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплопередачи наружной стены определяется по формуле [24]:

$$k_{\text{НС}} = \frac{1}{R_{\text{НС}}} \quad (7)$$
$$k_{\text{НС}} = \frac{1}{4,11} = 0,243 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Сопротивление теплопередачи окна принят:

$$R_{\text{ОК}} = 0,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (8)$$

Коэффициент теплопередачи окна определяется по формуле [24]:

$$k_{\text{ОК}} = \frac{1}{R_{\text{ОК}}} \quad (9)$$
$$k_{\text{ОК}} = \frac{1}{0,67} = 1,493 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Сопротивление теплопередачи кровли по формуле [24]:

$$R_{\text{КР}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (10)$$
$$R_{\text{КР}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,13}{0,032} + \frac{1}{23} = 4,32 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Коэффициент теплопередачи кровли [24]:

$$k_{\text{кр}} = \frac{1}{R_{\text{кр}}}, \quad (11)$$

$$k_{\text{кр}} = \frac{1}{4,32} = 0,231 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$$

Результаты тепловых потерь через ограждающие конструкции $Q_{\text{тр},1.5}$ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчета $Q_{\text{тр},1.5}$

Ограждающая конструкция	Ориентация	$t_{\text{нр}}/t_{\text{вн}}, \text{°C}$	F, м ²	$\Delta\theta, \text{°C}$	$\frac{k, \text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$	β_1	β_2	$Q_{\text{тр}}, \text{Вт}$
Кровля	-	-39/22	15,75	61	0,231	0,00	0,00	222
Наружная стена	С		8,63		0,243	0,10	0,05	147
Окно	С		2,25		1,493	0,10	0,05	236
Наружная стена	З		10,87		0,243	0,05	0,10	185
Окно	З		3,00		1,493	0,05	0,10	314
Итого	-		-		-	-	-	-

где β_i – добавочный коэффициент, определяется ориентацией розы ветров.

Приток осуществляется через приточные клапаны, суммарный расход воздуха составляет 60 м³/ч. Расход тепла на нагревание приточного воздуха определяется по формуле [24]:

$$Q_{\text{вент},1.5} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot L_{\text{п},1.5} \cdot \rho \cdot C \cdot 0,28 \quad (12)$$

$$Q_{\text{вент},1.5} = 61 \cdot 60 \cdot 1,19 \cdot 1 \cdot 0,28 = 1226 \text{ Вт}$$

Суммарная нагрузка на помещение составляет:

$$Q_{K1.5} = 1104 + 1226 = 2330 \text{ Вт} \quad (13)$$

Результаты расчета для каждого помещения представлены в приложении Б, таблица Б.1.

Для определения тепловых потерь в подвальном помещении необходимо определить сопротивление теплопередачи (таблица 4) пола и стен по грунту, схема деления представлена на рисунке 8.

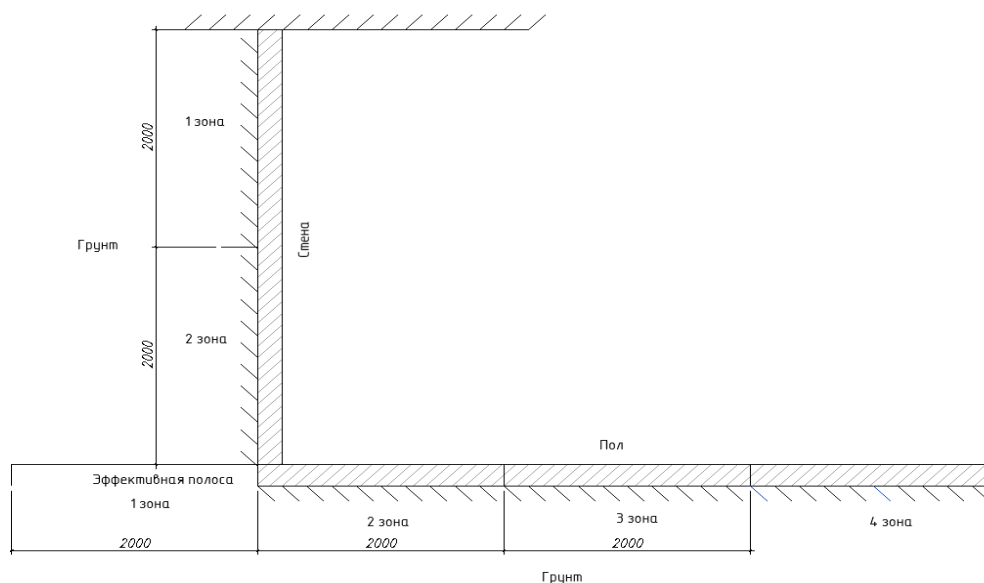


Рисунок 8 – Схема деления стен и пола по грунту

Таблица 4 – Сопротивление зон полов и стен по грунту

Ограждающая конструкция	Зона	Сопротивление теплопередачи $R, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$
Пол: железобетон 250 мм.	II	3,80
	III	5,21
	IV	7,69
Стена: железобетон 250 мм, утеплитель ЭППС 80 мм.	I	3,28
	II	4,13

Результаты расчета тепловой нагрузки исследуемого объекта представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета тепловой нагрузки

Климатическая зона	г. Томск
Габариты секции:	
Длина, м	21
Ширина, м	9
Высота, м	15
Количество этажей, шт	5
Проектная наружная температура наиболее холодной пятидневки, °С	- 39
Отапливаемая площадь здания, м ²	1053,82
Проектные потери тепла за счет теплопередачи, Вт	39636
Проектные потери тепла на нагрев приточного воздуха, Вт	46342
Проектная тепловая нагрузка здания, Вт	85978

4 Гидравлический расчет системы отопления

4.1 Описание системы отопления

Цель расчета – определение рабочей точки циркуляционного насоса системы отопления, подбор отопительных приборов, расчет диаметров трубопроводов поквартирной разводки для подключения приборов отопления, магистрального трубопровода и стояков.

Для жилых и коммерческих помещений в качестве приборов отопления предусмотрены стальные панельные радиаторы со встроенным термостатическим клапаном и термоголовкой. Подключение трубопроводов к приборам отопления – нижнее через переходную запорную арматуру. Схема подключения приборов отопления показана на рисунке 9.

Трубопроводы приняты из сшитого полиэтилена, прокладка труб от коллектора системы отопления к приборам осуществляется в стяжке пола. Тепловая изоляция из вспененного полиэтилена толщиной 9 мм.

Для жилой части в межквартирном коридоре предусмотрена ниша, для расположения коллектора системы отопления. Схема подключения коллектора представлена на рисунке 10.

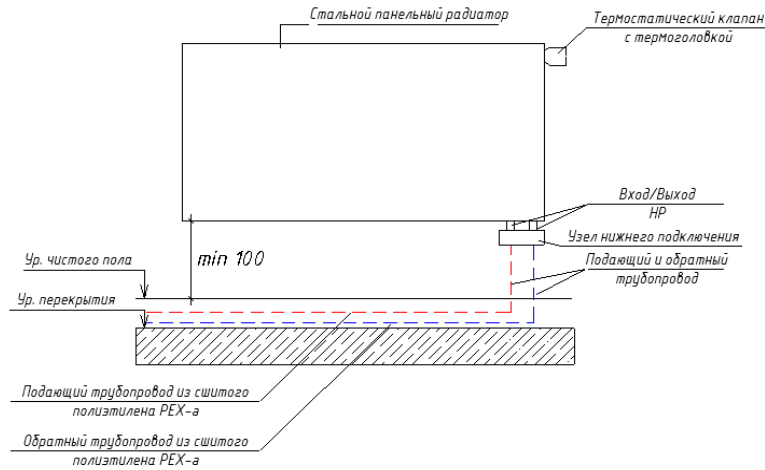
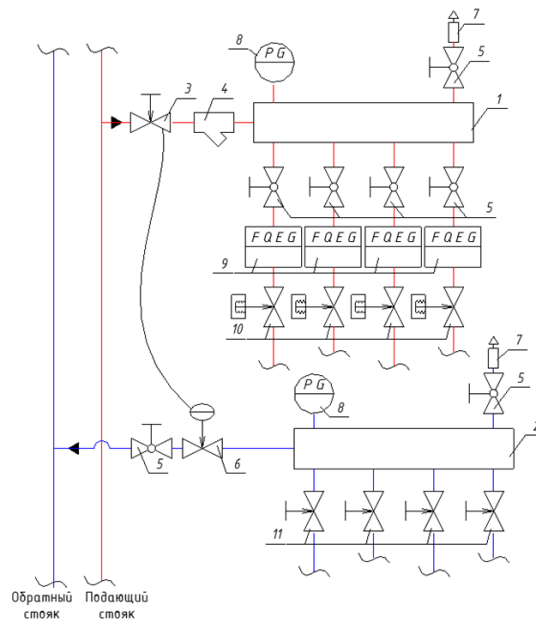


Рисунок 9 – Схема подключения прибора отопления



1 – подающий коллектор; 2 – обратный коллектор; 3 – балансировочный клапан с выходом под импульсную трубку; 4 – фильтр сетчатый; 5 – запорная арматура; 6 – регулятор перепада давления с выходом под импульсную трубку; 7 – автоматический воздухоотводчик; 8 – манометр показывающий; 9 – теплосчетчик ультразвуковой; 10 – запорно-регулирующий клапан с сервоприводом; 11 – балансировочный клапан

Рисунок 10 – Схема обвязки коллектора системы отопления

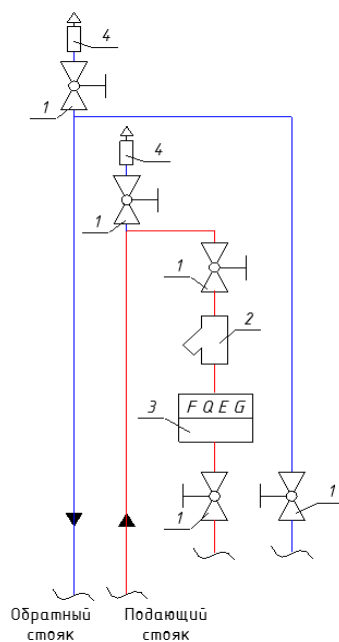
Коллекторный узел служит для распределения теплоносителя по квартирным веткам. Подающий (поз. 1) и обратный (поз. 2) коллектор подключаются к стоякам системы отопления через соответствующую

арматуру, отраженную на рисунке 10. Запорная арматура (поз. 5) служит для перекрытия потока теплоносителя. Клапаны (поз. 6) и (поз. 3) являются клапанами партнерами, работающими в связке, и соединены между собой импульсной трубкой. Клапан (поз. 6) является регулятором перепада давления и поддерживает заданный расчетный перепад давления путем выставления на настроечной шкале расчетного значения. Для автоматического удаления воздуха на подающем и обратном трубопроводе устанавливаются автоматические воздухоотводчики (поз. 7). Сетчатый фильтр служит для очистки теплоносителя от крупно- и мелкодисперсных частиц, как следствие защита и продление срока эксплуатации арматуры, теплосчетчика, приборов отопления. Для коммерческого учета тепла, в коллекторном узле предусматривается установка ультразвуковых тепловычислителей (поз. 9). Для регулирования расхода теплоносителя на квартирную ветку, на подающем трубопроводе устанавливается запорно-регулирующий клапан с сервоприводом (поз. 10). Для балансировки квартирных веток между собой, на обратном трубопроводе устанавливаются балансировочные клапаны (поз. 11).

Для коммерческих помещений узел учета и распределения теплоносителя устанавливается непосредственно в помещении. Схема обвязки представлена на рисунке 11. В данной работе расчет и разработка узла учета для коммерческих помещений не предусмотрены.

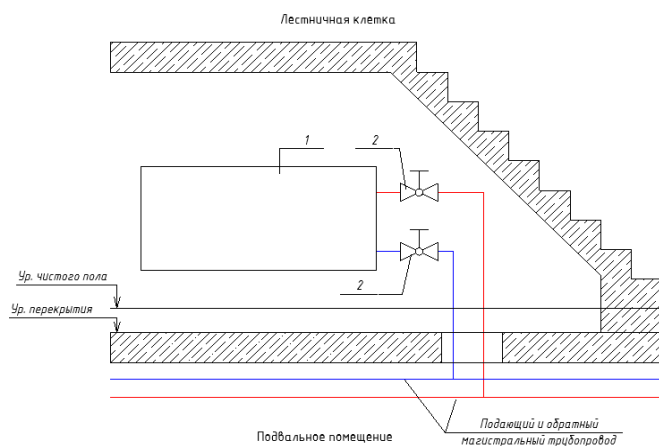
Трубопроводы от ИТП до распределительного коллектора и в ИТП приняты стальные водогазопроводные обыкновенные по [25] диаметром $D_y = 40$ и менее.

Магистральный трубопровод располагается под перекрытием первого этажа. В качестве изоляции магистрального трубопровода предусмотрены минераловатные цилиндры, толщиной 30 мм, с целью обеспечения температуры на поверхности изоляции не более 40°C.



1 – запорная арматура; 2 – фильтр сетчатый; 3 - теплосчетчик
 ультразвуковой; 4 - автоматический воздухоотводчик
 Рисунок 11 – Схема обвязки узла учета и распределения теплоносителя в
 коммерческом помещении

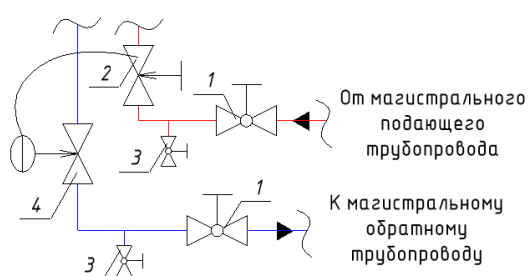
На первом этаже под лестничным маршем предусмотрена установка стальных панельных радиаторов с боковым подключением, мощность приборов отопления рассчитывается на всю высоту лестничной клетки в соответствии с тепловыми потерями. Схема расположения прибора отопления в лестничной клетке отображена на рисунке 12.



1 – стальной панельный радиатор с боковым подключением; 2 – запорная
 арматура
 Рисунок 12 – Схема подключения прибора отопления в лестничной клетке

В помещении подвала предусмотрена установка стальных панельных радиаторов с боковым подключением, количество определяется по тепловому расчету. Схема подключения аналогично рисунку 12.

Для балансировки стояков отопления коммерческих помещений и стояков жилой части здания предусмотрена установка клапанов партнеров – регулятор перепада давления и балансировочный клапан, расположенных под потолком подвального помещения. Схема подключения представлена на рисунке 13.



1 – запорная арматура; 2 - балансировочный клапан; 3 – дренажный кран; 4 – регулятор перепада давления

Рисунок 13 – Схема подключения стояков коммерческих помещений и стояков жилой части здания к магистральному трубопроводу системы отопления

4.2 Расчет гидравлики

Расчет выполнен в программном комплексе Audytor CO. Данная программа позволяет наглядно построить 3D модель системы отопления, выполнить гидравлический расчет, провести детальный анализ полученных результатов.

Программа Audytor CO позволяет проектировщику получить следующие значения:

- расход теплоносителя через клапан, настройку, потери давления,
- типоразмер прибора отопления, мощность, настройку встроенного термостатического клапана,

– диаметр трубопровода, удельные потери давления теплоносителя, расход теплоносителя, скорость движения теплоносителя в трубопроводе.

Методика расчета:

- 1) выбор материала трубопроводов, выбор изоляции,
- 2) расстановка приборов отопления под окнами,
- 3) моделирование магистрального трубопровода и квартирной разводки,
- 4) сборка коллекторных узлов,
- 5) выполнение расчета и анализ.

В качестве примера рассмотрим план пятого этажа. На рисунке 14 представлен план пятого этажа, отмечены точки, в которых будут сниматься показания. Общая расчетная 3D модель представлена на рисунке 15. Показатели сведены в таблицу 6.

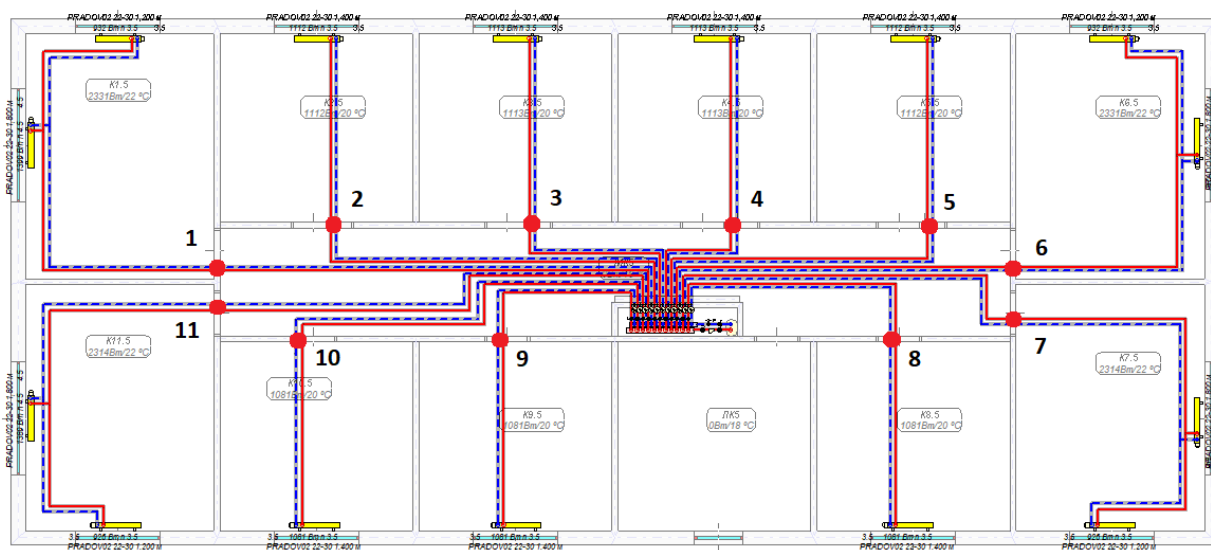


Рисунок 14 – План 5 этажа

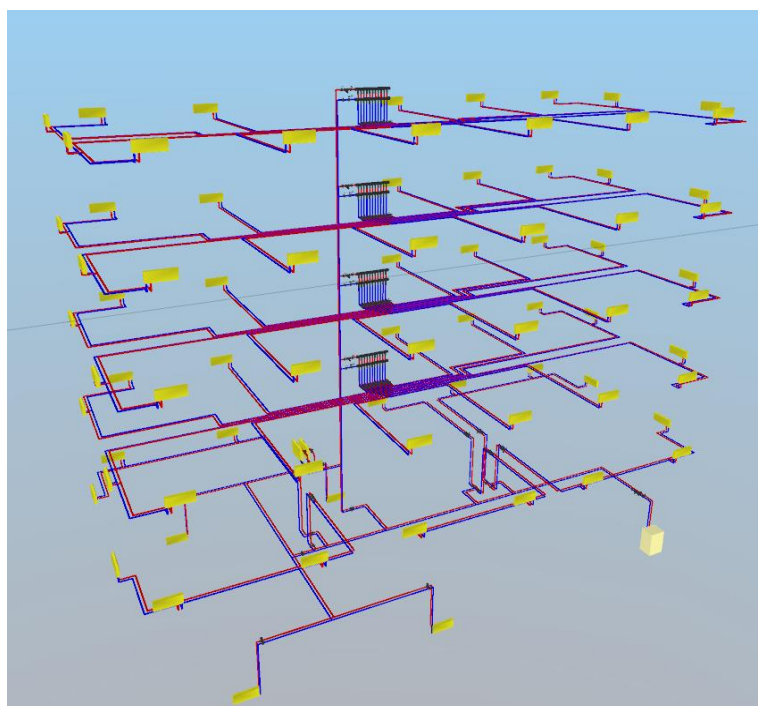


Рисунок 15 – Общая расчетная 3D модель

Таблица 6 – Пример расчетных параметров на пятом этаже в измеряемых точках для г. Томск, -39°C

№	Температура подачи, °С	Температура обратки, °С	Температура в помещении, °С	Расход теплоносителя, кг/с	Нагрузка на помещение, Вт
Этаж 5					
1	78,41	58,25	22	0,028	2331
2	77,35	57,68	20	0,013	1112
3	78,28	58,22	20	0,013	1113
4	78,61	58,41	20	0,013	1113
5	77,67	57,87	20	0,013	1112
6	78,63	58,48	22	0,028	2331
7	78,55	58,29	22	0,028	2314
8	77,91	57,55	20	0,013	1081
9	78,39	57,83	20	0,013	1081
10	77,25	57,18	20	0,013	1081
11	78,33	58,23	22	0,028	2314

В качестве примера рассмотрим расчет для помещения К1.5 (рисунок 16). В таблице 7 представлен пример расчетных параметров для помещения К1.5, определены типоразмеры приборов отопления, значение настройки встроенных термостатических клапанов, значение настройки на

балансировочном клапане, устанавливаемом на обратном трубопроводе в обвязке коллектора. Определены диаметры трубопроводов.

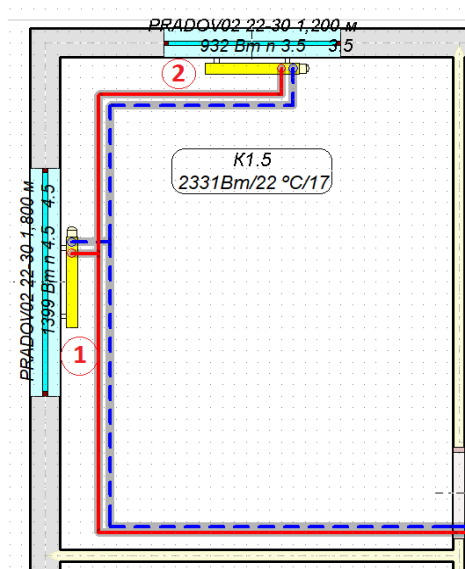


Рисунок 16 – Помещение K1.5

Таблица 7 – Пример расчета параметров для помещения K1.5

№	T1 подача, °C	T2 обратка, °C	Размер, А/В/С, м	Расход тепло- носителя, кг/с	ДУ трубо- прово- да	ДУ общего трубо- провода	Нагруз- ка, Вт	Настройка термостати- ческого клапана	Настройка баланси- ровочного клапана/ потери давления, кПа
Помещение K1.5									
1	77,76	58,95	110/ 300/ 1800	0,017	16	20	1399	4,5	4/2,612
2	76,91	58,29	110/ 300/ 1200	0,011	16		932	3,5	

Сводная таблица результатов гидравлического расчета представлена в приложении Б, таблица Б.1.

Программные комплексы Audytor OZC и Audytor CO, позволяют достаточно точно рассчитать тепловые потери, выполнить гидравлический расчет системы отопления. В результате расчетов получены значения

тепловых нагрузок на каждое помещение, подобраны типоразмеры приборов, определены диаметры трубопроводов, настройки арматуры. Определена рабочая точка циркуляционного насоса с параметрами $G = 3,71 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H = 7,2 \text{ м. в. с.}$

5 Расчет экономической выгоды потребителя

Рассмотрим на примере помещения (квартиры) К1.5 расчет стоимости за тепловую энергию при двух температурных режимах:

- 1) расчет при постоянной температуре в помещении 22°C ,
- 2) расчет при сниженной температуре до 15°C , при отсутствии в помещении людей на долгий срок.

Формула расчета стоимости за один час потребления по формуле [26]:

$$C = Q_T \cdot K \quad (14)$$

где C – стоимость тепловой энергии за один час, руб;

Q_T – расход тепловой энергии, Гкал;

K – цена за один Гкал/ч $\left(\frac{\text{руб.}}{\text{Гкал}}\right)$.

Расход потребляемой энергии определяется по показаниям теплосчетчика, установленного в коллекторной ниже в межквартирном коридоре.

Формула расчета расхода тепловой энергии по формуле [26]:

$$Q_T = G \cdot (t_1 - t_2) \cdot C_p \cdot 0,00086 \quad (15)$$

где G – расход теплоносителя, кг/с;

t_1, t_2 – температура в подающем и обратном трубопроводе;

C_p – теплоемкость, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$;

0,00086 – переводной коэффициент из кВт в Гкал/ч.

Тариф на тепловую энергию в г. Томск составляет 2449,15 рублей за 1 Гкал. Результаты расчета сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета стоимости за тепловую энергию при двух температурных режимах

Режим	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{пом}}, ^\circ\text{C}$	$G, \text{ кг/с}$	$Q_T, \text{ Гкал/ч}$	Стоимость за 1 час, руб.	Стоимость за 1 месяц, руб. (31 день).
1	78,41	58,25	22	0,028	0,00203	4,97	3699,01
2	77,68	57,22	15	0,019	0,00141	3,45	2566,82

Таким образом, при отсутствии людей в помещении сроком на один месяц (например, продолжительная командировка, вахта, отпуск и т.д.), собственник в целях экономии снижает температуру внутри помещения до разрешенных 15°C , экономия в таком случае составляет 1132,19 рублей в месяц.

6 Разработка комплекта проектной документации

6.1 Разработка системы узла внешнего коммерческого учета тепла

Узел внешнего коммерческого учета тепла предназначен для расчета данных о количестве потребляемого теплоносителя и дальнейшей передачи данных о потреблении тепловой энергии в теплоснабжающую организацию. Наличие узла внешнего учета тепла регламентируется в [27, 28] и устанавливается на вводе тепловой сети в здание (рисунок 17).

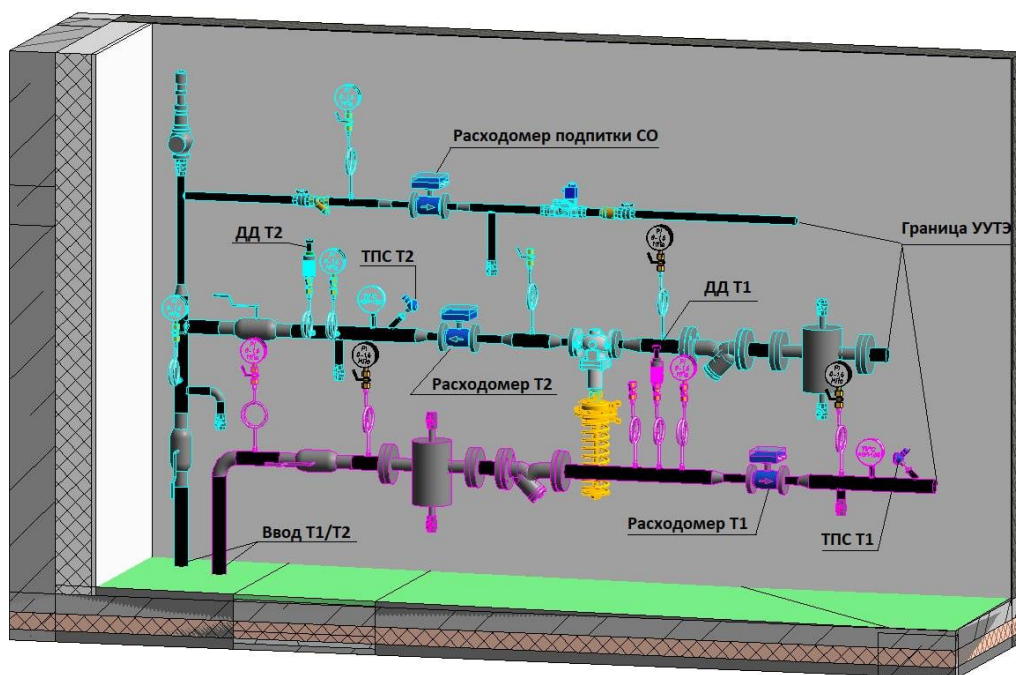


Рисунок 17 – 3D модель узла ввода тепловой сети

На этапе разработки структурной схемы для данного узла определен следующий алгоритм работы. Данные о параметрах теплоносителя на подающем трубопроводе теплоснабжения снимаются с помощью датчиков давления (ДД), датчиков температуры (ДТ), датчиков расхода (ДР) и передаются на тепловычислитель. Сбор данных о параметрах теплоносителя на обратном трубопроводе производится аналогично. Также предусмотрено снятие показаний о расходе теплоносителя на трубопроводе подпитки.

Обработка полученных параметров теплоносителя выполняется тепловычислителем в котором происходит расчет потребляемой тепловой энергии и дальнейшая передача расчетных значений на сервер сбора и хранения данных. В данной системе предусмотрен локальный сервер сбора и хранения данных, расположенный в телекоммуникационном шкафу, установка которого предусмотрена в специально отведенном помещении сетей связи. Локальный сервер сбора и хранения производит передачу данных в диспетчерскую службу теплоснабжающей организации.

Структурная схема для разработанного узла внешнего коммерческого учета тепла представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С1.1.

На функциональной схеме представлено графическое изображение внешнего узла учета, включая элементы основного оборудования, технических средств автоматизации и запорно-регулирующую арматуру. Схема наглядно отображает места точек отбора измерительной информации и направление каналов передачи данных. Необходимо отметить, что данная система включает в себя только каналы передачи данных по которым происходит передача информации, т.к. узел учета является узлом сбора и обработки данных.

Каналы передачи данных 1.1-3 предназначены для передачи данных о значениях расхода теплоносителя на подающем и обратном трубопроводе и трубопроводе подпитки в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) в виде последовательности импульсов.

Каналы передачи данных 1.4-5 предназначены для передачи данных о значениях давления теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) в виде аналогового сигнала 4-20 мА.

Каналы передачи данных 1.6-7 предназначены для передачи данных о значениях температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) в виде аналогового сигнала 4-20 мА.

Функциональная схема узла внешнего коммерческого учета тепла представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С2.1.

Разработанная схема внешних подключений в верхней части листа содержит таблицу с параметрами и обозначениями мест отбора импульсов, а также позиций используемых средств измерения. В нижней части схемы показан щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) с маркировкой клемм и клеммных колодок на которые осуществляется подключение внешних средств измерения. Используемые каналы передачи данных содержат маркировку, тип кабеля, его жильность и указания по прокладке кабельной сети в виде примечаний. Передача данных в локальную сеть диспетчеризации предусмотрена по интерфейсу Ethernet.

Схема внешних подключений для узла внешнего коммерческого учета тепла представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С5.1.

Схема электрических соединений щита тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) включает в себя подробное расключение кабельной электрической сети внутри щита. На схеме предусмотрен ввод электроснабжения от сети 220В через однополюсный выключатель нагрузки (QS1) и дальнейший подвод силового кабеля до потребителей: лампа (HL1), силовая розетка (XS1-2), блоки питания (G1-5). Для каждого блока питания предусмотрена защита от токов короткого замыкания в виде автоматических выключателей (QF1-5). Подключение питающего напряжения на клеммы тепловычислителя и датчиков расхода предусмотрено в соответствии с документацией завода-изготовителя [28]. Подключение датчиков температуры, расхода и давления к тепловычислителю выполнено также в соответствии с документацией завода-изготовителя.

Схема электрических соединений для щита тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-1) представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 Э4.1.

На схеме общего вида щита представлен внешний вид щита спереди и компоновка элементов на монтажной панели. Используемое оборудование имеет буквенно-цифровое обозначение в соответствии со схемой электрических соединений. Перечень элементов щита представлен на схеме в таблице справа с указанием позиций, наименований и количества оборудования.

Общий вид щита ЩУ.ТВЧ-1 представлен на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 ВО.1

Разработанная спецификация включает в себя перечень щитового оборудования, основного оборудования, монтажных материалов и кабельной продукции. Каждая позиция содержит информацию о наименовании, марке, коде продукции, производителе и количестве оборудования. В данной спецификации длины кабельных линий рассчитаны условно.

Спецификация оборудования, изделий и материалов представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 СО.1.

В список проектной документации также входит таблица с параметрами настройки теплосчетчика (Приложение Г, таблица Г.1).

6.2 Разработка общедомового узла учета системы отопления и ГВС

Узел учета системы отопления и ГВС предназначен для контроля учета расхода теплоносителя и тепловой нагрузки на систему ГВС и отопления, а также для расчета общедомовых нужд на систему. Наличие данного узла регламентируется в соответствии с требованиями теплоснабжающей организации и региональными нормами.

На этапе разработки структурной схемы определен следующий алгоритм работы систем. Данные о параметрах теплоносителя на подающем трубопроводе системы отопления снимаются с помощью датчиков давления (ДД), датчиков температуры (ДТ), датчиков расхода (ДР) и передаются на тепловычислитель. Снятие данных о параметрах теплоносителя на обратном трубопроводе снимаются аналогично.

Данные о параметрах воды на подающем трубопроводе ГВС снимаются с помощью датчиков давления (ДД), датчиков температуры (ДТ), датчиков расхода (ДР) и передаются на тепловычислитель. Снятие данных о параметрах воды в обратном трубопроводе снимаются аналогично. Также предусмотрено снятие данных о расходе воды в трубопроводе ХВС на приготовление ГВС.

Обработка полученных параметров теплоносителя и воды выполняется тепловычислителем, происходит расчет тепловой нагрузки на системы ГВС и отопления и дальнейшая передача расчетных значений на локальный сервер сбора и хранения данных, расположенный в телекоммуникационном шкафу в специализированном помещении сетей связи. Локальный сервер сбора и хранения производит передачу данных в диспетчерскую службу теплоснабжающей организации.

Структурная схема для разработанного узла общедомового учета системы отопления и ГВС представлена на двух листах с шифром ФЮРА.421000.013 С1.2.

На функциональной схеме представлено графическое изображение общедомового узла учета системы отопления и ГВС, включая элементы основного оборудования, технических средств автоматизации и запорно-регулирующую арматуру. Схема наглядно отображает места точек отбора измерительной информации и направление каналов передачи данных. Необходимо отметить, что данная система также включает в себя только каналы передачи данных по которым происходит передача информации, т.к. узел учета является узлом сбора и обработки данных.

Каналы передачи данных 2.1-5 предназначены для передачи данных о значениях расхода в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) в виде последовательности импульсов. Информация о расходе воды в подающем, обратном и подпиточном трубопроводе ГВС передается по каналам 2.1-3, а по каналам 2.4-5 предусмотрена передача данных о расходе теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления.

Каналы передачи данных 2.6-9 предназначены для передачи данных о значениях давления в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) в виде токовых аналоговых сигналом 4-20 мА. Каналы 2.6-7 предназначены для передачи данных о давлении воды в подающем и обратном трубопроводе системы ГВС, а каналы 2.8-9 для сбора информации о давлении теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления.

Каналы передачи данных 2.10-13 предназначены для передачи данных о значениях температуры в щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) в виде токовых аналоговых сигналов 4-20 мА. Каналы 2.10-11 предназначены для передачи данных о температуре воды в подающем и обратном трубопроводе системы ГВС, а каналы 2.12-13 для сбора информации о температуре теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе системы отопления.

Функциональная схема узла общедомового учета системы отопления и ГВС представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С2.2.

Разработанная схема внешних подключений в верхней части листа содержит таблицу с наименованием параметров, указаниями мест отбора импульсов и позиций используемых средств измерения. В нижней части схемы показан щит тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) с маркировкой клемм и клеммных колодок на которые осуществляется подключение внешних средств измерения. Используемые сигнальные линии содержат маркировку, тип кабеля, жильность и указания по прокладке кабельной сети в виде примечаний. Передача данных в локальную сеть диспетчеризации предусмотрена по интерфейсу Ethernet.

Схема внешних подключений для узла общедомового учета системы отопления и ГВС представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С5.2.

Схема электрических соединений щита тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) включает в себя подробное расключение кабельной электрической сети внутри щита. На схеме предусмотрен ввод электроснабжения от сети 220В через однополюсный выключатель нагрузки (QS1) и дальнейший подвод силового кабеля до потребителей: лампа (HL1), силовая розетка (XS1-2), блоки питания (G1-8). Для каждого блока питания предусмотрена защита от токов короткого замыкания в виде автоматических выключателей (QF1-5). Предусмотрено подключение питающего напряжения на клеммы тепловычислителя и датчиков расхода в соответствии с документацией завода-изготовителя [28]. Подключение датчиков температуры, расхода и давления к тепловычислителю выполнено также в соответствии с документацией завода-изготовителя.

Схема электрических соединений для щита тепловычислителя (ЩУ.ТВЧ-2) представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 Э4.2.

На схеме общего вида щита представлен внешний вид щита спереди и компоновка элементов на монтажной панели. Используемое оборудование

имеет буквенно-цифровое обозначение в соответствии со схемой электрических соединений. Перечень элементов щита представлен на схеме в таблице справа с указанием позиций, наименований и количества оборудования.

Общий вид щита ЩУ.ТВЧ-2 представлен на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 ВО.2

Разработанная спецификация включает в себя перечень щитового оборудования, основного оборудования, монтажных материалов и кабельной продукции. Каждая позиция содержит информацию о наименовании, марке, коде продукции, производителе и количестве оборудования. В данной спецификации длины кабельных линий рассчитаны условно.

Спецификация оборудования, изделий и материалов представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 СО.2.

В список проектной документации также входит таблица с параметрами настройки теплосчетчика (Приложение Д, таблица Д.1).

6.3 Разработка автоматизированной системы контроля и управления ИТП

Система контроля и управления индивидуальным тепловым пунктом предусматривает контроль параметров систем отопления, теплоснабжения и ГВС, управление насосным оборудованием, запорно-регулирующей арматурой и клапанами. Также в системе предусмотрена передача данных в диспетчерскую службу для отслеживания параметров и состояния оборудования. Наличие средств автоматизации и их состав в ИТП регламентирует согласно [26].

Для данной системы разработан комплект структурных схем, включающий в себя:

- узел контроля и управления системы ГВС,
- узел контроля и управления системы отопления,
- узел контроля и управления циркуляционными насосами ГВС,

– узел контроля и управления циркуляционными насосами системы отопления,

– узел контроля и управления насосами подпитки.

На данных схема отражены взаимосвязи, используемого в проекте оборудования с центральным контроллером ИТП.

Структурные схемы для автоматизированной системы контроля и управления ИТП представлены на пяти листах с шифром ФЮРА.421000.013 С1.3.

На функциональной схема представлена принципиальная схема ИТП и таблица сигналов. Данной системой предусматривается наличие каналов передачи данных и каналов управления. Каналы передачи данных обеспечивают передачу данных от устройств измерения до контроллера в щите ЩУ.ИТП, а каналы управления предусматривают передачу управляющих воздействий от контроллера на объекты управления.

Каналы передачи данных 3.1-3.4 предназначены для передачи данных о температуре теплоносителя и воды на подающих и обратных трубопроводах систем отопления, ГВС и теплоснабжения.

Канал передачи данных 3.5 предназначен для передачи данных о температуре наружного воздуха за пределами здания.

Каналы передачи данных 3.6-7, 3.9 предназначены для отслеживания давления в трубопроводе перед насосами и являются одной из мер специальных защит, чтобы обеспечить отключение насосного оборудования при отсутствии теплоносителя или воды в системах. Такой вид защиты называется защита от «сухого хода» насоса. Отключение насосного оборудования обеспечивается по каналам управления 3.13, 3.15, 3.17 для каждого насоса соответственно.

Каналы передачи данных 3.10-12 предназначены для отслеживания перепада давления на насосах и также являются одной из специальных мер защит насосного оборудования. При отсутствии перепада давления на насосе контроллер делает вывод о том, что насос не работает, подает сигнал на

включение резервного насоса посредством каналов управления 3.14, 3.16, 3.18 и отключение основного насоса по каналам управления 3.13, 3.15, 3.17 для каждого насоса соответственно.

Каналы управления 3.19-20 предусматривают передачу управляющих воздействий от контроллера на приводы регулирующих клапанов. Это необходимо для поддержания температурного режима в соответствии с требуемыми нормами, графиком тепловой сети и температурой наружного воздуха.

Канал передачи данных 3.8 предназначен для передачи данных о наличии необходимого давления в системе отопления. При падении давления ниже уровня уставки, контроллер передает управляющее воздействие на запуск основного насоса подпитки по каналу управления 3.17 или 3.18 в зависимости от статуса насоса и ожидает выхода активного насоса до значения рабочей точки. Достижение насосом своей рабочей точки определяется по каналу передачи данных 3.12. После выхода насоса на рабочую точку контроллер передает управляющее воздействие на открытие соленоидного клапана по каналу управления 3.21. После стабилизации давления в системе контроллер действует по аналогичному алгоритму в обратном порядке по тем же каналам связи.

Функциональная схема для автоматизированной системы контроля и управления ИТП представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С2.3.

Разработанная схема внешних подключений в верхней части листа содержит таблицу с наименованием параметров, обозначения мест отбора импульсов и позиции используемых средств контроля и управления. В нижней части схемы показан щит контроллера ИТП (ЩУ.ИТП) с маркировкой клемм и клеммных колодок на которые осуществляется подключение внешних средств измерения. Используемые каналы передачи данных и управления содержат маркировку, тип кабеля, жильность и указания по прокладке

кабельной сети в виде примечаний. Передача данных в локальную сеть диспетчеризации предусмотрена по интерфейсу RS-485.

Схема внешних подключений для автоматизированной системы контроля и управления представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С5.3.

Для данной системы разработка схем электрических подключений и общего вид щита не предусмотрена, так как щит – комплектный и включает в себя базу оборудования производителя «Теплосила». На щит ЩУ.ИТП составлена карта заказа и представлена в приложении Е (таблица Е.1).

Разработанная спецификация включает в себя перечень щитового оборудования, основного оборудования и кабельной продукции. Каждая позиция содержит информацию о наименовании, марке, коде продукции, производителе и количестве оборудования. В данной спецификации длины кабельных линий рассчитаны условно.

Спецификация оборудования, изделий и материалов представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 СО.3.

6.4 Разработка системы контроля и управления температурным режимом помещений

Система контроля и управления температурным режимом помещений разработана с целью экономии используемой тепловой энергии каждым собственником помещения. Данная система построена на базе беспроводного оборудованию Valtec с собственной цифровой платформой. Данная платформа предоставляет доступ к управлению температурным режимом помещения как для собственника, так и для управляющей компании. Система поддерживает несколько режимов температуры, что очень удобно для собственника в периоды его отсутствия. При необходимости собственник может снизить температуру в помещении не ниже +15°C, тем самым сэкономить денежные средства на оплату коммунальных услуг.

Структурная схема системы контроля и управления температурным режимом помещений представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С1.4. Данная схема содержит в себе элементы беспроводной связи, предназначенные для установки в помещениях – комнатные терморегуляторы, элементы управления, предусмотренные для установки в коллекторной нише – электроприводы радиаторных клапанов, элементы для установки в этажных щитах – зональный контроллер и интернет-модуль. Связь между элементами системы обеспечивается по радиоканалам передачи данных. В общую систему диспетчеризации передача данных осуществляется по сети передачи данных wi-fi.

Общий вид этажного щита представлен на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 ВО.4. На данной схеме представлен вид щита спереди и вид монтажной панели с отражением мест установки используемого оборудования. Также справа приведен перечень элементов на этажный щит с обозначением позиций, наименованиями и количеством оборудования.

Разработанная спецификация включает в себя перечень щитового оборудования, основного оборудования, монтажных материалов и кабельной продукции. Каждая позиция содержит информацию о наименовании, марке, коде продукции, производителе и количестве оборудования.

Спецификация оборудования, изделий и материалов представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 СО.4.

6.5 Разработка автоматизированной системы коммерческого учета воды и тепла

Данная система предназначена для учета расхода ХВС, ГВС и тепла каждым потребителем и дальнейшей передачей данных в пункт диспетчеризации управляющей компании. Установка приборов учета обязательна и регламентируется в [29].

Структурная схема автоматизированной системы коммерческого учета воды и тепла представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С1.5.

Данная схема включает в себя приборы учета и оборудование системы диспетчеризации, а также отражает линии взаимодействия между отдельными частями системы. Данная система относится к системам сбора данных и не обеспечивает управление составляющими частями. Информационные каналы передают данные со всех приборов учета в телекоммуникационный шкаф (ТШ1). Передача данных со смежных систем также предусмотрена в ТШ1. Из щита ЩУ.ИТП предусмотрена передача данных по интерфейсу RS-485 на концентратор в шкафу ТШ1. Из щитов ЩУ.ТВЧ-1 и ЩУ.ТВЧ-2 предусмотрена передача данных по интерфейсу Ethernet на сетевой коммутатор.

Схема электрических соединений автоматизированной системы коммерческого учета воды и тепла представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 Э4.5. На данной схеме показано расключение внутренних электрических цепей. Все подключения, представленные на схеме выполнены в соответствии с руководствами по эксплуатации на оборудование [30-33].

Общий вид щита (серверной стойки) представлен на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 В0.5. На схеме показан вид телекоммуникационного шкафа спереди и расположение составляющих элементов внутри него. Размещение оборудования предусмотрено на din-рейках, полках и рельсах. Справа приведен перечень элементов на шкаф с обозначением элементов, наименованиями и количеством оборудования.

Разработанная спецификация включает в себя перечень щитового оборудования, основного оборудования, монтажных материалов и кабельной продукции. Каждая позиция содержит информацию о наименовании, марке, коде продукции, производителе и количестве оборудования.

Спецификация оборудования, изделий и материалов представлена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.013 С0.5.

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

Обучающемуся:

Группа	ФИО
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н.Бутакова
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент дополнительной заработной платы - 1,12; - накладные расходы – 20%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	- страховые взносы во внебюджетные фонды 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Анализ потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, проведение SWOT-анализа
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Формирование бюджета затрат проекта.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет показателей сравнительной эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений;
2. Матрица SWOT;
3. Календарный план проекта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна		

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела – определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации. В данной работе оценивается коммерческая ценность и привлекательность проектного решения автоматизированной системы управления теплоснабжением многоэтажного здания с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения [34].

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технического исследования,
- разработка устава научно-технического проекта,
- планирование процесса управления научно-технического проекта, структура и график проведения, расчет бюджета,
- определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

Объект научно-исследовательского проекта – автоматизированная система управления теплоснабжением многоэтажного здания.

7.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для проведения анализа потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

Сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга) [34].

В данном случае целевым рынком является рынок недвижимости. В качестве сегмента рынка выступают компании застройщики. Для дальнейшего анализа и составления карты сегментирования проведем сегментирование по размеру компании застройщика. Чем крупнее компания застройщика, тем выше класс жилья он может построить и дороже его продать и наоборот.

Сегментируем рынок услуг по разработке систем автоматизации для индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид системы автоматизации. В таблице 9 представлена карта сегментирования рынка услуг по разработке систем автоматизации.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке систем автоматизации ИТП

		Вид системы автоматизации ИТП			
		Комплект автоматики, регламентируемый нормативными документами, с удешевлением оборудования	Комплект автоматики, регламентируемый нормативными документами, с удорожанием оборудования	Комплект автоматики с дополнениями по желанию заказчика, с удешевлением оборудования	Комплект автоматики с дополнениями по желанию заказчика, с удорожанием оборудования
Размер компании застройщика	Крупные		А	Б	А
	Средние	В		Б	А
	Мелкие	В	Б		

В данном случае фирма А – развивающаяся крупная проектная организация, нацеленная на саморазвитие, не берет типовых проектов, сотрудничает с поставщиками оборудования и получает от них процент с продаж.

Фирма Б – развивающаяся средняя проектная организация, берет типовые проекты и нетиповые, сотрудничает с небольшим количеством поставщиков оборудования и получает от них процент с продаж.

Фирма В – начинающая проектная организация, берет в основном только типовые решения, но может взяться за простой нетиповой проект, не имеет связей с поставщиками оборудования.

Таким образом, основными сегментами рынка для проектируемой системы могут быть различные компании застройщиков. Предприятие может оказывать услуги по разработке систем автоматизации ИТП с набором оборудования, регламентируемого как нормативной документацией, так и с дополнениями. В будущем, при сотрудничестве с поставщиками оборудования и дальнейшим ростом предприятия возможен выход на более выгодные позиции сегментов рынка и составление конкуренции другим фирмам.

7.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы повысить его конкурентоспособность. Очень важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов [374].

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты. Анализ позволит провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего развития с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Отберем три конкурирующие разработки, обеспечивающие автоматизированное управление системой теплоснабжения многоэтажного здания:

1) автоматизированная система управления теплоснабжением на базе любого программируемого логического контроллера (ПЛК) с собственным алгоритмом работы,

Данная разработка предусматривает управление системой с помощью ПЛК любого производителя. Главная особенность в том, что для управления такой системой возможна загрузка собственного разработанного алгоритма управления. При таком способе управления работа системы ограничивается только возможностями ПЛК.

2) автоматизированная система управления теплоснабжением на базе специализированного ПЛК, предназначенного для управления системами ИТП,

Для управления такой системой необходимо наличие специализированного ПЛК. Как правило, в такие ПЛК уже заложен алгоритм работы системы, остается только правильно подобрать настройки и ввести требуемые параметры установок. В данном случае функциональная работа системы также ограничивается возможностями ПЛК.

3) Автоматизированная система управления теплоснабжением на базе любого ПЛК с корректирующим сигналом по температуре наружного воздуха.

В такой системе может применяться любой ПЛК в том числе и специализированной направленности. Соответственно, возможна загрузка как собственно разработанного алгоритма, так и производственного. Главное отличие системы в наличии корректирующего сигнала по температуре для оптимизации параметров регулирования.

Оценочная карта конкурирующих технических решений приведена в таблице 10. Позиции конкурирующих разработок 1-3, соответственно. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подобраны с учетом технических и экономических особенностей разработок, 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 1.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₁	Б ₂	Б ₃	К ₁	К ₂	К ₃
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
2. Надежность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Функциональная мощность	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
4. Простота эксплуатации	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
2. Цена	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Итого	1	30	34	37	3,8	4,2	4,7

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [34]:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (16)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Пример расчета для конкурентного решения 1:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + \\ + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 3,8.$$

Анализируя полученные результаты анализа можно сделать вывод о том, что техническое решение под номером три является наиболее конкурентоспособным и выгодным. Для данной системы можно использовать любой блок управления по возможностям предприятия. Такие системы не уступают по надежности другим системам. За счет корректирующих сигналов увеличивается срок эксплуатации системы и оборудования.

Для данной работы используется техническое решение под номером три на базе специализированного ПЛК с корректирующим сигналом по температуре наружного воздуха. В последующих разделах рассматривается только эта система.

7.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [34].

Для проведения SWOT-анализа необходимо описать сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для реализации проекта, которые могут проявиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Ориентированность системы на растущий рынок недвижимости. С2. Универсальность системы (возможность интегрирования в любое ИТП). С3. Улучшенный процесс регулирования параметров за счет корректирующих датчиков.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок комплектующих. Сл2. Высокая стоимость. Сл3. Потребность в высококвалифицированном персонале. Сл4. Высокое потребление электроэнергии. Сл5. Отсутствие резервирования органов управления.</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 11

	<p>С4. Использование современных компонентов системы.</p> <p>С5. Простота эксплуатации и пуско-наладки системы.</p> <p>С6. Унификация системы в отношении используемого оборудования.</p>	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В3. Понижение стоимости компонентов.</p> <p>В4. Привлечение партнеров поставщиков оборудования.</p> <p>В5. Внедрение в систему искусственного интеллекта.</p> <p>В6. Использование оборудования аналогов.</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности».</p> <p>1. Возрастание спроса из-за улучшенных характеристик регулирования.</p> <p>2. Готовность к сотрудничеству с поставщиками современного оборудования для его применения в системах.</p> <p>3. Увеличение спроса по сравнению с конкурентами при увеличении рынка недвижимости.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности».</p> <p>1. Применение искусственного интеллекта позволит снизить потребность в количестве высококвалифицированного персонала.</p> <p>2. При повышении стоимости конкурентных разработок, стоимость разработки системы на их фоне может выглядеть не высокой.</p> <p>3. При понижении стоимости компонентов системы, стоимость системы также понизится.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукта.</p> <p>У3. Снижение спроса на продукт.</p> <p>У4. Появление новых проектных решений.</p> <p>У5. Переход на использование альтернативных источников энергии.</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы».</p> <p>1. При введении дополнительных государственных требований могут возникнуть трудности с использованием современных компонентов.</p> <p>2. Из-за перехода на использование альтернативных источников энергии может потребоваться актуализации системы.</p> <p>3. Появление новых проектных решений может снизить актуальность системы. Таким образом, появятся другие улучшенные способы регулирования.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы».</p> <p>1. Введение дополнительных государственных требований может привести к большему увеличению сроков поставки оборудования.</p> <p>2. Появление новых конкурирующих разработок с учетом энергосбережения и дополнительного резервирования.</p> <p>3. Сильное снижение спроса на продукт может привести к вынужденному снижению стоимости системы.</p>

В ходе проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также вероятные возможности и угрозы.

Преимуществом данной системы является ее универсальность, так как она может быть применима для любого ИТП за счет правильного разделения на подсистемы. Кроме того, в данную систему возможно интегрировать любое оборудование. Для дальнейшего развития проекта необходимо привлечь партнеров-поставщиков оборудования и своевременно проводить актуализацию системы, чтобы не отставать от своих конкурентов и современных тенденций в данном сегменте рынка.

7.4 Инициация проекта

7.4.1 Цели и результаты проекта

В данном разделе приведена информация о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей и критерии их достижения.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица и организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно [34]. Информация о заинтересованных сторонах проекта представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Застройщики	1. Возможно внедрения универсальной системы, экономия средств на разработку проекта индивидуальной системы. 2. Возможность внедрения оборудования производителя на выбор застройщика.
Поставщики оборудования	1. Возможность применения оборудования поставщиков конкретного производителя, как следствие увеличение количества продаж
Потребители (владельцы квартир)	1. Способность частично контролировать расход теплоносителя, снижение квартплаты за отопление.

В таблице 13 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 13 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Создание унифицированной системы для применения в любом ИТП, посредством разбиения на подсистемы; 2. Позволить потребителям тепловой энергии частично контролировать собственный расход теплоносителя и снижать оплату за него; 3. Оптимизация системы за счет дополнительных датчиков.
Ожидаемые результаты:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Успешная реализация разработанного проекта на объектах застройщиков. 2. Удовлетворение потребностей потребителей теплоносителя. 3. Повышенная устойчивость системы. 4. Повышение надежности системы.
Критерии приемки результата проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Положительные отзывы застройщиков. 2. Положительные отзывы потребителей теплоносителя. 3. Оптимальные показатели устойчивости системы.
Требования к результату проекта:	Требования:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Устойчивость показателей технологических параметров в пределах регламентируемой нормы.
	<ol style="list-style-type: none"> 2. Быстрый отклик системы на аварийные нештатные ситуации.
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Способность системы к самостоятельному регулированию.
	<ol style="list-style-type: none"> 4. Способность системы к самостоятельной оценке параметров процесса и перепроверке результатов.

7.4.2 Организационная структура проекта

На данном этапе решаются следующие вопросы: кто входит в рабочую группу данного проекта, какова роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым участником и их трудозатраты. Эта информация представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Павлова Кристина Андреевна, ООО «СибТехПроект», инженер-проектировщик	Исполнитель проекта	Разработка проектной документации, проведение расчетов, моделирование системы	700
2	Стрижак Павел Александрович, ТПУ, профессор	Руководитель проекта	Консультирование по пунктам технического задания, проверка этапов работ	40
3	Кокотюха Павел Павлович, ООО «СибТехПроект», ведущий инженер-проектировщик	Эксперт проекта	Консультирование на этапах разработки проектной документации	40
ИТОГО				780

7.4.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта. В таблице 15 представлены ограничения проекта.

Таблица 15 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
1. Бюджет проекта	100000 руб.
2. Источник финансирования	Работодатель
3. Сроки проекта	4 месяца
4. Дата утверждения плана управления проектом	10.02.2023
5. Дата завершения проекта	31.05.2023
6. Прочие ограничения и допущения	Ограничение по времени работы участников проекта

7.5 Планирование управления научно-техническим проектом

7.5.1 План проекта

В рамках данного раздела определены ключевые события проекта, определены даты и результаты, которые должны быть получены. Календарный план проекта представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план проекта

№ раб.	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания	5	13.02.2023	17.02.2023	Руководитель проекта
		14	18.02.2023	04.03.2023	Исполнитель
2	Изучение литературных источников	7	5.03.2023	12.03.2023	Исполнитель
3	Выбор направления исследования	5	13.03.2023	17.03.2023	Руководитель проекта, Исполнитель
4	Проведение расчетов и моделирование объекта исследования	21	18.03.2023	08.04.2023	Исполнитель
5	Разработка комплекта проектной документации	21	09.04.2023	29.04.2023	Исполнитель
6	Подбор технических средств автоматизации	14	30.04.2023	13.05.2023	Исполнитель
7	Оформление проектной документации, заполнение спецификаций и опросных листов	10	14.05.2023	23.05.2023	Исполнитель
8	Оформление отчета по НИР, проверка	4	24.05.2023	28.05.2023	Исполнитель
		3	29.05.2023	31.05.2023	Руководитель проекта
Итого:		111			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [34].

График построен в виде таблицы 17 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 17 – Календарный план-график проведения научного проекта

№ раб.	Вид работ	Исполнители	T_k , кал, дн	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май				
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Разработка технического задания	Руководитель, исполнитель	19	■	■											
2	Изучение литературных источников	Исполнитель	7			■										
3	Выбор направления исследования	Руководитель проекта, исполнитель	5				■	■								
4	Проведение расчетов и моделирование объекта исследования	Исполнитель	21					■	■	■						
5	Разработка комплекта проектной документации	Исполнитель	21								■	■	■			
6	Подбор технических средств автоматизации	Исполнитель	14										■	■		
7	Оформление проектной документации, заполнение спецификаций и опросных листов	Исполнитель	10												■	■
8	Оформление отчета по НИР, проверка	Исполнитель, Руководитель проекта	7													■

■ – Руководитель проекта

■ – Инженер

7.5.2 Бюджет научного исследования

В этот раздел включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме [34]. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по следующим статьям:

- специальное оборудование,
- основная заработная плата,
- дополнительная заработная плата научно-производственного персонала,
- отчисления на социальные нужды,
- оплата услуг сторонних организаций,
- накладные расходы.

Рассчитаем затраты на специальное оборудование (таблица 18). В данную статью включены затраты, также связанные с покупкой лицензий необходимых программ.

Таблица 18 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	Персональный компьютер (ноутбук)	1	40	40
2	Лицензия Audytor OZC	1	80	80
3	Лицензия Autodesk Revit	1	150	150
Итого				270

При использовании имеющего ПК (ноутбука) учтем амортизацию. Коэффициент амортизации рассчитывается по следующей формуле [34]:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}} \cdot Ц}{T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (17)$$

где $K_{\text{ам}}$ – коэффициент амортизации;

$T_{\text{исп.пк}}$ – время использования, день;

$C_{\text{пк}}$ – цена оборудования, руб.;

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

$T_{\text{сл}}$ – срок службы, год.

$$K_{\text{ам}}^{\text{ПК}} = \frac{120 \cdot 40000}{365 \cdot 5} = 2630 \text{ руб./год.}$$

$$K_{\text{ам}}^{\text{OZC}} = \frac{40 \cdot 80000}{365 \cdot 1} = 8767 \text{ руб./год.}$$

$$K_{\text{ам}}^{\text{R}} = \frac{60 \cdot 150000}{365 \cdot 1} = 24657 \text{ руб./год.}$$

Срок службы лицензий принят из расчета, что лицензия действительна один год.

В статью основной заработной платы включается плата научных и инженерно-технических работников, эксперта с предприятия. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле [34].

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (18)$$

где $C_{\text{зп}}$ – статья основной заработной платы, руб.;

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ руководителя (инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [34]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (19)$$

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

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн. (таблица 19);

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

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (20)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года, мес.;

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 19).

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Эксперт
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	53	104	104
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	24	24
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	250	223	223

Месячный должностной оклад работника [34]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (21)$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад (для инженера и эксперта базовый оклад принят по предприятию, руб;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, составляет примерно 0,15-0,2;

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

Месячный должностной оклад руководителя, инженера и эксперта:

$$З_{\text{м}}^{\text{рук}} = З_{\text{б}}^{\text{рук}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 48400 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 74250 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{м}}^{\text{инж}} = З_{\text{б}}^{\text{инж}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 35000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 53690 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{м}}^{\text{э}} = З_{\text{б}}^{\text{э}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 45000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 69030 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя, инженера и эксперта:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{рук}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{74250 \cdot 10,4}{250} = 3088,8 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{инж}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{инж}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{53690 \cdot 11,2}{223} = 2696,5 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{э}} = \frac{З_{\text{м}}^{\text{э}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{69030 \cdot 11,2}{223} = 3466,9 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя, инженера и эксперта.

Примем, что эксперт за весь период проекта провел консультаций в среднем на два трудодня:

$$З_{\text{осн}}^{\text{рук}} = З_{\text{дн}}^{\text{рук}} \cdot T_{\text{р}} = 3088,8 \cdot 13 = 40154,4 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}}^{\text{инж}} = З_{\text{дн}}^{\text{инж}} \cdot T_{\text{р}} = 2696,5 \cdot 96 = 258864 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{осн}}^{\text{э}} = З_{\text{дн}}^{\text{э}} \cdot T_{\text{р}} = 3466,9 \cdot 2 = 6933,8 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	48400	0,3	0,15	1,3	74250	3088,8	13	40154,4
Инженер	35000	0,3	0,15	1,3	53690	2696,5	96	258864
Лаборант	45000	0,3	0,15	1,3	69030	3466,9	2	6933,8
Итого, З _{осн}								305952,2

В статью дополнительной заработной платы научно-производственного персонала включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей, выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы по формуле [34]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (22)$$

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

$$Z_{\text{доп}}^{\text{рук}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 0,12 \cdot 40154,4 = 4818,5 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп}}^{\text{инж}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 0,12 \cdot 258864 = 31063,7 \text{ руб.}$$

В таблице 21 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 21 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер	Эксперт
Основная заработная плата	40154,4	258864	6933,8
Дополнительная заработная плата	4818,5	31063,7	-
Заработная плата исполнителя	44972,9	289927,4	6933,8
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	341834,1		

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются по формуле [34]:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (23)$$

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

2023 году коэффициент отчислений составил 30%.

Величина отчислений во внебюджетные фонды руководителя, инженера и эксперта:

$$З_{\text{внеб}}^{\text{рук}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{рук}} + З_{\text{доп}}^{\text{рук}}) = 0,3 \cdot (40154,4 + 4818,5) = 13491,9 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внеб}}^{\text{инж}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{инж}} + З_{\text{доп}}^{\text{инж}}) = 0,3 \cdot (258864 + 31063,7) = 86978,3 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{внеб}}^{\text{э}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}}^{\text{э}} + З_{\text{доп}}^{\text{э}}) = 0,3 \cdot (6933,8 + 0) = 2080,1 \text{ руб.}$$

Оплата услуг, сторонних организаций включает расходы, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

В данном случае к ним относятся печатные услуги, включающие в себя печать листов различного формата, в том числе чертежей, и брошюровка, а также расходы на использование сети Internet.

$$З_{\text{конр}} = 1500 \text{ руб.}$$

В статью накладных расходов включаются затраты на управления и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему [34].

Накладные расходы составляют 20-25% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле [34]:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (24)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,2 \cdot (305952,2 + 35882,2) = 68366,9 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НТИ (таблица 22).

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Амортизационные отчисления	36054
2. Основная заработная плата	305952,2
3. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	35882,2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	102550,3
5. Услуги сторонних организаций	1500
6. Накладные расходы	68366,9
Бюджет затрат НТИ	550305,6

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

7.6.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения проекта можно определить следующим образом по формуле [34]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент;

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

Сравним три варианта реализации проекта:

– автоматизированная система управления теплоснабжением на базе любого программируемого логического контроллера (ПЛК) с собственным алгоритмом работы питания – аналог 1,

– автоматизированная система управления теплоснабжением на базе специализированного ПЛК, предназначенного для управления системами ИТП – аналог 2,

– автоматизированная система управления теплоснабжением на базе любого ПЛК с корректирующим сигналом по температуре наружного воздуха – текущий проект.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности выполнен с помощью таблицы 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Аналог 1	Аналог 2	Текущий проект
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	3	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4	5	5
3. Помехоустойчивость	0,1	4	4	4
4. Энергосбережение	0,1	3	3	3
5. Надежность	0,2	4	4	4
6. Качество управления	0,2	4	4	5
7. Динамическая точность системы	0,2	4	4	5
ИТОГО	1	3,8	4,1	4,5

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{a1} = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 3,8,$$

$$I_{a2} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,1,$$

$$I_{ТП} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,5.$$

Сравнивая полученные результаты ресурсоэффективности можно сделать вывод о том, что разработка текущего проекта является достаточно эффективной.

7.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения данного раздела проведен анализ разрабатываемого проекта с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В рамках первой главы проведена оценка коммерческого и инновационного потенциала проекта. Для этого выполнен анализ потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных решений, а также проведен SWOT-анализ.

Во второй главе определены цели и результаты проекта, организационная структура проекта.

В третьей главе представлен расчет формирования бюджета затрат проекта, определена структура работ и их трудоемкость по этапам.

В четвертой главе проведен анализ расчетных показателей сравнительной эффективности проекта и конкурирующих решений.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа 5БМ13		ФИО Павлова Кристина Андреевна	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

АСУ теплоснабжением многоэтажного здания	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования:</i> проектируемая система автоматизированного управления теплоснабжением многоэтажного здания.</p> <p><i>Область применения:</i> теплоэнергетика.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> офис.</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 36x15 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер, клавиатура, компьютерная мышь.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка комплекта проектной документации, проведение расчетов, моделирование.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2023);</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</p> <p>ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем;</p> <p>СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения; 2. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения; 3. Пониженная яркость и цветовая контрастность; 4. Статическая нагрузка; 5. Умственное перенапряжение; 6. Перенапряжение анализаторов; 7. Пониженные или повышенные параметры микроклимата рабочей зоны. <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.

	<p>Средства коллективной защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест; 2. Средства нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аптечка; 2. Твердое мыло или жидкие моющие средства. <p>Расчет: расчет системы воздухообмена.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: утилизация офисного оборудования (компьютеров, периферийных устройств);</p> <p>Воздействие на литосферу: образование отходов при утилизации офисного оборудования (компьютеров, периферийных устройств), отходы бумаги и картона от печатной деятельности;</p> <p>Воздействие на гидросферу: попадание печатной краски и микропластика;</p> <p>Воздействие на атмосферу: деонизация воздуха, выделение вредных веществ при нагревании корпуса компьютера и его элементов.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Природные ситуации (землетрясение, ураган, заморозки, ливень и т.д.)</p> <p>Техногенные ситуации (пожар, взрыв, обрушение здания, авария коммунальных систем и т.д.);</p> <p>Биолого-социальные ситуации (эпидемия, пандемия).</p> <p>Наиболее типичная ЧС: эпидемия, пожар.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна		

8 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа содержит разработку автоматизированной системы управления теплоснабжением многоэтажного здания с жилыми и коммерческими помещениями. Разрабатываемая система предназначена для применения в области строительства жилых объектов недвижимости.

Актуальность данной работы заключается в возможности потребителей (собственников помещений) частично контролировать количество потребляемого теплоносителя для обеспечения финансовой экономии.

Данный проект разрабатывается в офисном помещении – проектной организации. Площадь помещения составляет 36x15 м. Рабочее место проектировщика включает в себя персональный компьютер и периферийные устройства (компьютерная мышь, клавиатура). На рабочем месте инженер-проектировщик осуществляет проектирование, моделирование и расчеты автоматизированной системы.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с Трудовым кодексом РФ [35] работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором,

- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы,

- возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами,

– обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами,

– отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков,

– полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о специальной оценке условий труда,

– защиту своих трудовых прав, свобод и законных интересов всеми не запрещенными законом способами,

– обеспечение средств индивидуальной защиты и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя.

8.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении работ сидя действуют следующие положения [36]:

– рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего. Категории работ – по [37],

– конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы,

– рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и методических указаний по безопасности труда.

Размерные характеристики рабочего места согласно [36] должны соответствовать требованиям:

1) конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля (черт. 1-2) [35],

2) при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин и мужчин, а также общие средние показатели женщин и мужчин,

3) конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которого достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сиденья и подставки для ног. Регулируемые параметры следует выбирать по номограмме (черт.4) [36],

4) форму рабочей поверхности различного оборудования следует устанавливать с учетом характера выполняемой работы. При необходимости на рабочую поверхность следует устанавливать подлокотник,

5) подставка для ног должна быть регулируемой по высоте. Ширина должна быть не менее 300 мм, длинна – не менее 400 мм. Поверхность подставки должна быть рифленой. По переднему краю следует предусматривать бортик высотой 10 мм,

6) при работе двумя руками органы управления размещают с таким расчетом, чтобы не было скрещивания рук,

7) очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости (черт. 6-7) [36].

Оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения) должны соответствовать табл.1, приведенной в [37].

Работы с персональными электронными вычислительными машинами и копировально-множительной техникой должны соответствовать требованиям (пункт 249 [38]).

8.2 Производственная безопасность

8.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В данном пункте анализируются вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникнуть при разработке автоматизированной системы управления теплоснабжением здания. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды идентифицирован по [39] и представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте инженера-проектировщика

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	Требования к естественному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [39].
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	Требования к искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [40].
Пониженная яркость и цветовая контрастность	Требования к отображению информации устанавливаются ГОСТ Р 50948-2001 Средства отображения информации индивидуального пользования [41].
Статическая перегрузка, связанная с рабочей позой	Требования к эргономике рабочего места устанавливаются ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя [36].
Умственное перенапряжение	Требования устанавливаются Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [42].

Продолжение таблицы 24

Перенапряжение анализаторов	Требования устанавливаются Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [42].
Пониженные или повышенные параметры микроклимата рабочей зоны	Требования устанавливаются СанПин 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [43].
Поражение электрическим током	Требования к допустимым значениям напряжений устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [44].

1. Отсутствие или недостаток естественного освещения оказывает негативное влияние на психику человека. Из-за нехватки естественного света ухудшается самочувствие, снижается работоспособность и уровень комфорта.

Согласно [40] помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение. Требования по обеспечению естественного освещения представлены в таблице 25 (фрагмент).

Таблица 25 – Нормируемые показатели естественного освещения [40]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная, и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение	
		КЕО, %	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	Г-0,8	4,0	1,5

где КЕО – коэффициент освещенности, определяемый как отношения естественного освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременному значению

наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выражается в процентах.

2. Отсутствие или недостаток искусственного освещения оказывает негативное влияние на функционирование зрительного аппарата и вызывает усталость центральной нервной системы. Нормы рабочего освещения предусмотрены в [40]. Требования по обеспечению искусственного освещения представлены в таблице 26 (фрагмент).

Таблица 26 – Нормируемые показатели искусственного освещения [40]

Помещения	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк			показатель дискомфорта, М, не более	коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
	при комбинированном освещении		при общем освещении		
	всего	от общего			
Проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	600	400	500	40	10

3. Пониженная яркость и цветовая контрастность оказывают неблагоприятное влияние на зрение человека. Повышенная нагрузка на органы зрения приводит к повышенной утомляемости, усталости центральной нервной системы.

Согласно [41] к яркости и цветовой контрастности мониторов предъявляются следующие требования:

- неравномерность яркости рабочего поля экрана должна быть не более 20%,
- яркостный контраст изображения должен быть не менее 3:1 (для плоских дискретных экранов при угле наблюдения от минус 40° до плюс 40°),
- временная нестабильность изображения (мелькания) для плоских дискретных экранов не должна быть зафиксирована. Частота обновления изображения должна быть не менее 60 Гц для дисплеев на плоских дискретных экранах.

4. Статические перегрузки оказывают негативное влияние опорно-двигательный аппарат человека и другие функциональные системы организма, обеспечивающие его жизнедеятельность. Для снижения влияния статической нагрузки необходимо правильно организовать рабочее место работника с соблюдением требований по [36]. Также рекомендуется проводить активную разминку через каждые 2 часа.

5. Нервно-психологические перегрузки (умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда) приводят к психологической усталости, апатии и нестабильности центральной нервной системы. Для снижения нервно-психологических перегрузок необходимо соблюдать требования по [42].

Таблица 27 – Допустимые величины психофизиологических производственных факторов по показателям тяжести и напряженности труда [42]

Факторы трудового процесса	Допустимые	
	Мужчины	Женщины
1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час), кг	До 30	До 10
2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены, кг	До 15	До 7
3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, кг:		
- с рабочей поверхности,	До 870	До 350
Факторы трудового процесса	Мужчины	Женщины
-с пола	До 435	До 175
4. Рабочая поза	Периодическое, до 25% времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, поднятыми руками, неудобным размещением конечностей) и (или) фиксированной позы (невозможность изменения взаимного положения тела относительно друг друга)	
5. Наклоны корпуса (вынужденные более 30 град.), количество за смену	51-100	
6. Перемещения в пространстве, обусловленные технологически процессом, км	До 8	
7. Монотонность нагрузок		
7.1. Число элементов или повторяющихся операций	От 9 до 6	

Продолжение таблицы 27

8. Сенсорные нагрузки	
8.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)	От 26 до 50
8.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) в среднем за час работы	От 76 до 125
8.3. Число объектов наблюдения	От 6 до 10

6. Пониженные или повышенные параметры микроклимата рабочей зоны снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и могут привести к профессиональным заболеваниям. Параметры микроклимата должны соответствовать [43]. Требования к параметрам микроклимата приведены в таблицах 28-29 (фрагмент).

Таблица 28 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах для категории работ Iб [43]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Таблица 29 – Допускаемые величины показателей микроклимата на рабочих местах для категории работ Iб [43]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин			для температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
Теплый	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3

7. Поражение электрическим током относится к опасным производственным факторам. Вследствие поражения электрическим током происходит протекание электрического тока через органы человека, что может привести к остановке сердца, дыхания, разрыву мышц, поражению мозга, ожогам. В соответствии с [44] предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов не должны превышать значений, представленных в таблице 30.

Таблица 30 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

8.2.2 Мероприятия по обеспечению безопасности работников

Для обеспечения безопасности работников на предприятии в пределах территории проектной организации необходимо соблюдать требования техники производственной и пожарной безопасности. Для этого работодателем должен производиться инструктаж.

Поддержание нормируемых параметров микроклимата организуется посредством установок или систем автоматического регулирования температуры воздуха и параметров воздухообмена.

Обеспечение пожарной безопасности организовано с использованием систем автоматического пожаротушения, сигнализации и управления пожарной эвакуацией, наличием огнетушителей.

Для обеспечения норм освещенности применяется трехуровневая система освещенности, комбинирование естественного и искусственного освещения.

На территории проектной организации организованы средства индивидуальной защиты, включающие в себя аптечку и антибактериальные моющие средства.

8.2.3 Расчет системы воздухообмена в общественном помещении

В общественных помещениях постоянным вредным выделением является выдыхаемый людьми углекислый газ (CO_2). Определение потребного воздухообмена производится по количеству углекислого газа, выделяемого человеком и по допустимой концентрации его. Количество углекислого газа в зависимости от возраста человека и выполняемой работы приведено в таблице 31.

Таблица 31 – Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO_2	
	Q_{CO_2}	
	л/ч	г/ч
Взрослые: при физической работе	45	68
При легкой работе (в учреждениях)	23	35
В состоянии покоя	23	35
Дети до 12 лет	12	18

Содержание углекислоты в атмосфере населенных пунктов следует принимать: для сельских населенных пунктов – 650 мг/м^3 , для малых городов (до 300 тыс. жителей) – 800 мг/м^3 , для больших городов (свыше 300 тыс. жителей) – 1000 мг/м^3 . ПДК CO_2 в воздухе рабочей зоны – 9000 мг/м^3 .

Определим количество одновременно находящихся в помещении людей. При присутствии всех сотрудников офиса количество человек составляет – 106.

Офис представляет собой большое помещение следующих размерам: высота – 8 м, длина – 36 м, ширина – 15 м. Помещение без перегородок.

Определим характер работы и по таблице 7 найдем количество CO_2 , выделяемое одним человеком.

При легкой работе количество CO_2 , выделяемое одним человеком составляет 35 г/ч.

Рассчитаем количество CO_2 , выделяемое всеми работниками по формуле [45]:

$$G = N_{\text{людей}} \cdot g_{\text{CO}_2} \quad (26)$$

где $N_{\text{людей}}$ – количество сотрудников, чел;

g_{CO_2} – количество CO_2 , выделяемого одним человеком, г/ч.

$$G = 106 \cdot 35 = 3710 \frac{\text{г}}{\text{ч}}$$

Рассчитаем потребный воздухообмен по формуле [45]:

$$L = \frac{1000 \cdot G}{x_{\text{в}} - x_{\text{н}}}, \quad (27)$$

где L – потребный воздухообмен, $\text{м}^3/\text{ч}$;

G , – количество вредных веществ, выделяющихся в воздух помещения (г/ч);

$x_{\text{в}} = 9000 \text{ мг/ м}^3$ – предельно допустимая концентрация CO_2 вредности в воздухе рабочей зоны помещения, согласно ГОСТ 12.1.005-88, мг/ м^3 ;

$x_{\text{н}} = 1000 \text{ мг/ м}^3$ – максимально возможная концентрация той же вредности в воздухе населенных мест по СанПиН 1.2.3685-21, мг/ м^3 .

$$L = \frac{1000 \cdot 3710}{9000 - 1000} = 463,75 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Применяется также понятие кратности воздухообмена, которая показывает, сколько раз в течение одного часа воздух полностью сменяется в помещении. Кратность воздухообмена определяется по формуле [45]:

$$n = \frac{L}{V} \quad (28)$$

где V – внутренний объем помещения, м^3 .

$$n = \frac{463,75}{36 \cdot 15 \cdot 8} = 0,11.$$

8.3 Экологическая безопасность

1) Воздействие на селитебную зону

Проектная организация находится в пределах инфраструктуры города и может оказывать воздействие на прилегающие жилые здания при неправильной утилизации офисной техники. Утилизация компьютерной техники и периферийных устройств в контейнеры для твердых бытовых отходов строго запрещена согласно КоАП РФ статья 8.2.

Утилизацией компьютерной техники и периферийных устройств могут заниматься только специализированные предприятия согласно Постановлению правительства №340. Кроме того, офисная техника содержит небольшое количество драгоценных металлов, которые подлежат дальнейшей переработке и передаче в государственный фонд в соответствии с Федеральным законом №41.

2) Воздействие на литосферу

Недобросовестная утилизация офисной техники может привести к скоплению пластикового мусора, которые не способен к разложению. В результате чего пластиковые корпуса разрушаются до мельчайших частиц, что приводит к образованию микропластика. Попадание микропластика в литосферу может повлечь дальнейшее его мигрирование в водную среду с дальнейшим попаданием в организм живых существ в том числе и человека.

Правильная утилизация пластиковых отходов регламентирована в [46]. Для утилизации отходов офисного производства в том числе бумаги, картона необходимо соблюдать рекомендации, приведенные в [47-48].

3) Воздействие на гидросферу

Офисная техника может оказывать негативное воздействие на гидросферу в случае неправильной утилизации отходов производства. Так, возможно попадание печатной краски в сточные воды и водоемы. Для снижения воздействия на гидросферу необходимо следовать рекомендациям

по утилизации и мерам предосторожности печатной краски от производителя товара и использовать очистные сооружения сточных вод.

4) Воздействие на атмосферу

В ходе эксплуатации печатной техники выделяются вредные вещества при нагревании корпусов офисной техники. Для снижения влияния на атмосферу необходимо соблюдать температурные режимы эксплуатации компьютерной техники, использовать охлаждающие установки и средства вентиляции.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе нахождения работника предприятия на своем рабочем месте могут произойти различные чрезвычайные ситуации. В том числе ситуации природного характера (землетрясения, ураган, заморозки, ливень и т.д.), техногенного характера (пожар, взрыв, обрушение здания, авария коммунальных систем и т.д.), биолого-социального характера (пандемия, эпидемия и т.д.).

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут произойти – пожар, эпидемия.

Внезапное возгорание может произойти в случае воспламенения офисной техники, неисправностей электропроводки, а также в местах общего пользования, например, на кухне.

При возникновении пожара необходимо соблюдать следующие общие правила [49]:

- пользоваться планом эвакуации и следовать ему по направлению к выходу,
- обращать внимание на светильники зеленого цвета – это лампы аварийного освещения при эвакуации,
- если рядом есть телефон или кнопка пожарной сигнализации необходимо сообщить в пожарную охрану,

- не использовать лифт,
- при выходе из помещения необходимо закрыть дверь (не на ключ),
- необходимо сохранять спокойствие,
- следует укрыть дыхательные пути платком.

В месте большого скопления людей могут возникнуть вспышки заболеваний. Для защиты работников от заражения и распространения болезни работодатель обязан обеспечить сотрудников средствами индивидуальной защиты. Для этого используются респираторные средства защиты органов дыхания и антисептические средства. При высокой степени распространения инфекционного заболевания работодатель может изолировать сотрудников (отправить на больничный, перевести на удаленный режим работы).

8.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»

В ходе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при работе в офисном помещении. Проведен анализ вредных и опасных факторов которые могут повлиять на состояние работающего на рассматриваемом предприятии, проведен расчет воздухообмена офисного помещения.

Рассмотрены вредные воздействия при обращении с офисным оборудованием на различные секторы окружающей среды в том числе на литосферу, гидросферу и атмосферу. А также вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на рабочем месте и правила поведения при возникновении наиболее вероятных чрезвычайных ситуаций.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы было проведено исследование системы отопления для многоэтажного жилого здания. Для проведения исследования построена расчетная модель здания и системы отопления благодаря которым был проведен расчет тепловых потерь ограждающих конструкций и гидравлический расчет системы отопления. Уникальность исследуемой системы заключалась в локальном регулировании расхода теплоносителя, благодаря которому собственник помещения получает возможность поддерживать для себя комфортный температурный режим и экономить на расходах за тепловую энергию.

В рамках данной работы разработан комплект проектной документации, включающий в себя несколько автоматизированных систем, объединенных одной общей системой диспетчеризации.

Комплект проектной документации включает в себя:

- узел внешнего коммерческого учета тепла,
- узел учета системы отопления и ГВС,
- автоматизированную систему контроля и управления ИТП;
- систему контроля и управления температурным режимом помещений,
- автоматизированную систему коммерческого учета воды и тепла.

Для данных систем разработаны структурные схемы, функциональные схемы, схемы внешних подключений, схемы электрических соединений, внешние виды щитов. Для тепловычислителей подобраны параметры настройки. Составлен лист подбора на комплектный щит управления системами ИТП. Для каждой системы составлена заказная спецификация.

Эффективность работы разработанных систем зависит от следующих условий:

- использование средств измерений в соответствии с измеряемыми диапазонами,

- использование технических средств автоматизации в условиях, установленных заводом-изготовителем,
- использование средств беспроводной передачи данных в местах устойчивого радиосигнала и сети wi-fi;
- размещение средств беспроводной передачи данных в достаточном количестве, для обеспечения радиуса покрытия,
- применение средств автоматизации в корпусах соответствующей степени защиты;
- размещение блоков управления в местах с ограниченным доступом,
- размещение блоков измерений в местах в соответствии с проектной документацией,
- работы с оборудованием проводить в соответствии с квалификацией обслуживающего персонала, требованиями пожарной безопасности, охраны труда, норм и правил предусмотренными проектной документацией,
- проводить регулярное отслеживание эксплуатационного состояния оборудования (износа оборудования) в соответствии с нормативной документацией завода-изготовителя,
- проводить поверки используемого оборудования в соответствии методикой поверки завода-изготовителя.

Список использованных источников

1. ООН. Народонаселение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.un.org/ru>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Statista. Share of urban population worldwide in 2022, by continent. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.statista.com/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Бодренко Е.В. Особенности внедрения автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов // Вопросы устойчивого развития общества. – 2020. – №2. – С.663-667.
4. Патрин Н.А. Анализ эффективности использования индивидуальных тепловых пунктов с автоматизацией // Молодой ученый. – 2018. – №24. – С. 71-74
5. Нестерова И.С., Карев Д.С. Технологические схемы автоматизированного индивидуального теплового пункта в системах теплоснабжения // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – №26. – С. 1368-1374.
6. Ищенко А.С., Сафонов Н.Е., Колосова, Н.В. Повышение энергоэффективности тепловых пунктов // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2021. – №3. – С. 6-10.
7. Шулепина П.А., Михайлова А.А. Автоматизация индивидуального теплового пункта // Modern science. – 2021. – №8. – С. 220-224.
8. Благодарный Н.С., Хвостов А.Д. Система управления центральным тепловым пунктом и исследование ее работоспособности // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – №7. – С. 101-102.
9. Калдар К.Н., Кириллов П.А., Бишаев Н.С. Автоматизированная система управления тепловым пунктом //Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР. – 2019. – №1-2. – С. 119-122.

10. Олейников В.С., Киселева Л.А., Федотовских Е.А. Прогнозирование технологических параметров автоматизированного теплового пункта // Modern science. – 2021. – №9-1. С. 179-186.
11. Hou, J. et al. Real-time optimal control of HVAC systems: Model accuracy and optimization reward // Journal of Building Engineering. – 2022. – V. 50, – № 104159.
12. Wang, X., Zhang, X. HVAC system dynamic management in communities via an aggregation–disaggregation framework // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2022. – V. 142, – № 108207.
13. Дементьев С.А., Жерлыкина М.Н. Исследование технико-экономического эффекта от автоматизации индивидуального теплового пункта // Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. – 2017. – №1. – С.19-24.
14. Chinde, V., Lin, Y., Ellis, M.J. Data-Enabled Predictive Control for Building HVAC Systems // Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control. – 2022. – V. 144, – № 081001.
15. Elnour, M. et al. Neural network-based model predictive control system for optimizing building automation and management systems of sports facilities // Applied Energy. – 2022. – V. 318, – № 119153.
16. Nicolas, L. et al. Distributed model predictive control of buildings and energy hubs // Energy and Buildings. – 2022. – V. 259, – № 111806.
17. Schuetz, P. et al. Automated modelling of residential buildings and heating systems based on smart grid monitoring data // Energy and Buildings. – 2020. – V. 229, – № 110453.
18. Morales, L. et al. Approaches based on LAMDA control applied to regulate HVAC systems for buildings // Journal of Process Control. – 2022. – V. 116. – P. 34–52.
19. Runge, J., Zmeureanu, R. Deep learning forecasting for electric demand applications of cooling systems in buildings // Advanced Engineering Informatics. – 2022. – V. 53, – № 101674.

20. Zakia, A. et al. Modeling techniques used in building HVAC control systems: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – V. 83. – P. 64– 84.20.

21. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095525>, свободный. – Загл. с экрана.

22. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053>, свободный. – Загл. с экрана.

23. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>, свободный. – Загл. с экрана.

24. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 60.13330.2020. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573697256>, свободный – Загл. с экрана.

25. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 3262-75. Трубы стальные водогазопроводные. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001411>, свободный. – Загл. с экрана.

26. КонсультантПлюс. Постановление правительства РФ от 06.05.2011 №354 (ред. От 28.04.2023) «О предоставлении коммунальных услуг собственниками и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_114247/258ab675ee7f05bba9391a7b9b56a8816abf9758/, свободный. – Загл. с экрана.

27. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001264>, свободный. – Загл. с экраном.

28. КонсультантПлюс. Постановление правительства РФ от 18.11.2013 №1034 (ред. От 25.11.2021) «О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя». [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_154646/, свободный. – Загл. с экрана.

29. Термотроник. Тепловычислитель ТВ7 исполнение М. Руководство по эксплуатации РЭПР. 407290.007 РЭ1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://termotronic.ru/products/tv7/>, свободный. – Загл. с экрана.

30. КонсультантПлюс. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. От 28.04.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/aa66de0abc8158556fc5c28b29796231e092d105/, свободный. – Загл. с экрана.

31. Valtec. Беспроводной электропривод радиаторного клапана. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valtec.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

32. Valtec. Терморегулятор комнатной температуры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valtec.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

33. Valtec. Беспроводной зональный контроллер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valtec.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

34. Valtec. Интернет-модуль для беспроводного зонального контроллера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://valtec.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

35. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 58 с.

36. КонсультантПлюс. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 09.03.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

37. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913>, свободный. – Загл. с экрана.

38. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608>, свободный. – Загл. с экрана.

39. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573230583>, свободный. – Загл. с экрана.

40. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана.

41. ТЕХЭКСПЕРТ. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>, свободный. – Загл. с экрана.

42. ТЕХЭКСПЕРТ. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200028904>, свободный. – Загл. с экрана.

43. ТЕХЭКСПЕРТ. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификации условий труда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973>, свободный. – Загл. с экрана.

44. ТЕХЭКСПЕРТ. СанПин 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный. – Загл. с экрана.

45. Социальная ответственность: учебно-методическое пособие Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева, О.А. Антонец, И.И. Авдеева. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 18 с.

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

47. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ Р 54533-2011. Руководящие принципы и методы утилизации полимерных отходов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200097330>, свободный. – Загл. с экрана.

48. ТЕХЭСПЕРТ. ГОСТ Р 55090-2012. Рекомендации по утилизации отходов бумаги. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200103182>, свободный. – Загл. с экрана.

49. МЧС России. Как себя вести, если пожар возник в общественном месте. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/pozhar-v-obschestvennom-meste-ofise_6, свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А
(справочное)

Literature review

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ13	Павлова Кристина Андреевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ И.Н. Бугакова	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Гончарова Любовь Анатольевна	к.п.н.		

Designing an Individual Heating Plant (IHP) is one of the most challenging tasks. The development of the thermal mechanical and automated parts requires a large amount of labor costs. Such automation systems contain many controlled and measured parameters. The control and maintenance of IHP requires a significant number of operating personnel for preventing accidents and monitoring the equipment condition and exit of technological parameters beyond the allowable limits of the settings. Various automation systems are widely used to reduce the required number of such a personnel, as well as to improve safety, reliability, energy efficiency and save financial resources.

Automated heating points (AHP) are designed to monitor and automatically control the values of the heat transfer agent parameters in heating systems, hot water supply (HWS) systems and heat supply system.

When using AHP, it is necessary to take into account all the advantages and disadvantages. Russian and foreign scientists set various tasks in the field of research of automation systems in IHP, related to their implementation and operation.

Peculiarities of the AHP application are presented in [1, 2]. The authors conducted a study on the influence of an automation system implementation on the thermal energy consumption and the hydraulic regimes of internal systems. During the study, it has been found that the savings in thermal energy can reach 10-20%. In addition, regulation of the temperature of the heat transfer agent recuperated to the heating network will allow avoiding additional costs for penalty charges from heat supply organizations. Visual results of the research are presented in the graphs (Figure 1-2).

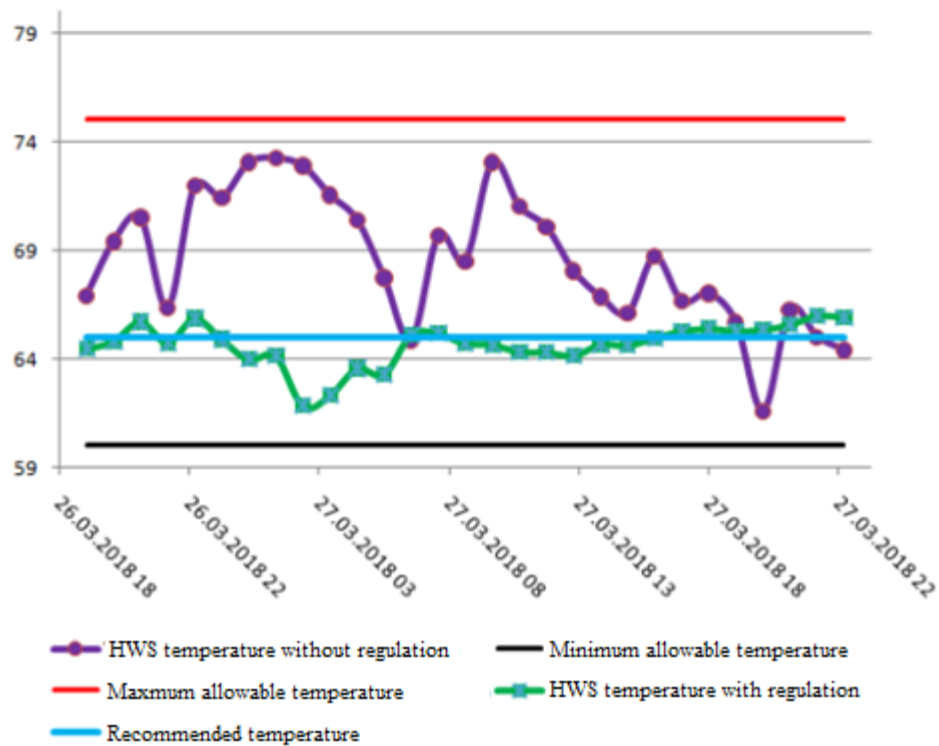


Figure 1 - Graph of hot water temperature change [2]

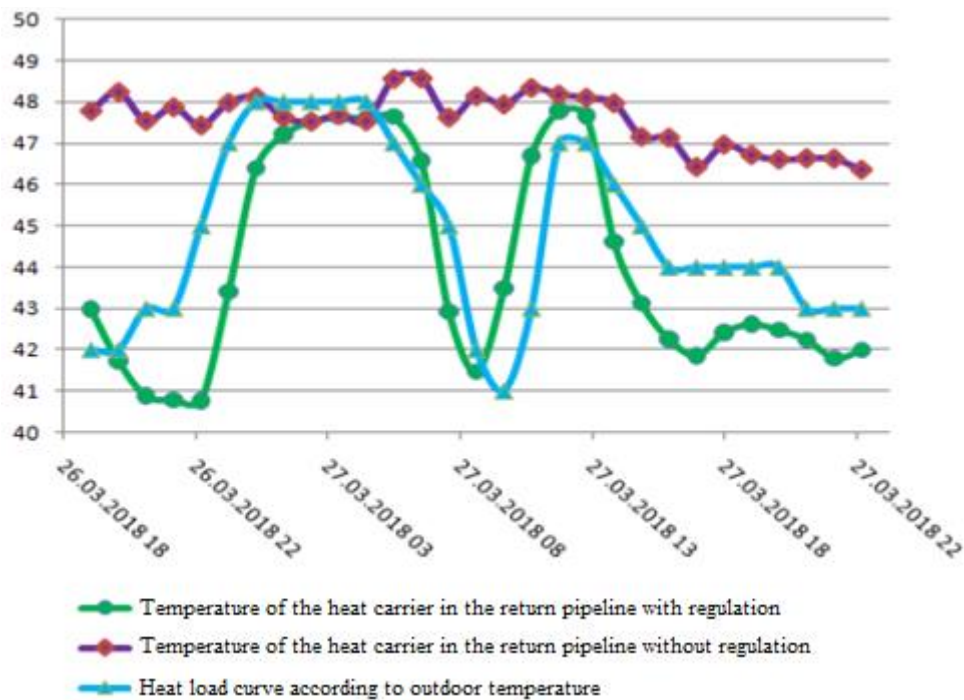


Figure 2 - Graph of temperature change from the return pipeline [2]

Also, it is proposed to regulate the consumed heat, taking into account "weather compensation", i.e. allowing for the outdoor temperature, which will also increase the economic efficiency of the system. Accounting for the outdoor

temperature will enable to adjust the amount of consumed heat transfer agent automatically and control its consumption.

Recommended measures to improve the energy efficiency of IHP are presented in [3, 4]. The researchers evaluated the savings in thermal energy when installing various automation tools. It was established that [3]:

- the use of an automated control unit can save 20% of thermal energy,
- the use of balancing valves enables to save 5% of thermal energy,
- the use of thermostats can lead to saving the 15% of thermal energy.

The combined use of all measures will save up to 40% of thermal energy.

Paper [5] also describes the main elements of automation that contributes to the economical consumption of thermal energy. The main differences between IHP and traditional heating points are also described in the text. The tasks that are achieved by means of automation are also indicated.

The research [6] presents an investigation of the performance of the control system of the central heating unit. The main objectives of this work were the regulation of pressures and temperatures of heating systems and hot water supply systems. To achieve the goals set, method of changing the rotational speeds of the pump actuators and method of changing the positions of the mixing elements and shut-off and control valves were used.

Also it is highlighted the importance of the dispatching system for monitoring the output of critical parameters beyond the established limits, the occurrence of a fire hazard, an open circuit of sensors and unauthorized intervention in the integrity of the system is noted [4, 6] .

The use of programmable logic controllers (PLC) can increase the reliability of the IHP automation system. Paper [7] presents a three-level ITP control system, taking into account the outdoor temperature, based on the Elsim-M01-24R controller and the SCADA Infinity software and tool complex. The system being designed will allow monitoring not only controlled parameters, but also monitoring the condition of the equipment and preventing emergencies.

Nowadays, PLCs are used as a tool for setting and monitoring process parameters and equipment. However, there are such PLC systems capable of predicting not only the values of the required parameters, but also changes in the algorithms of the PLC itself. An example of such a system is presented in [8]. To train the system, the temperature data from one object taken every 4 minutes for two months were used. After training the model, the predicted and actual temperature values were compared (Figure 3). During testing of this system, the results of the study showed that the error was about 0.5°C .

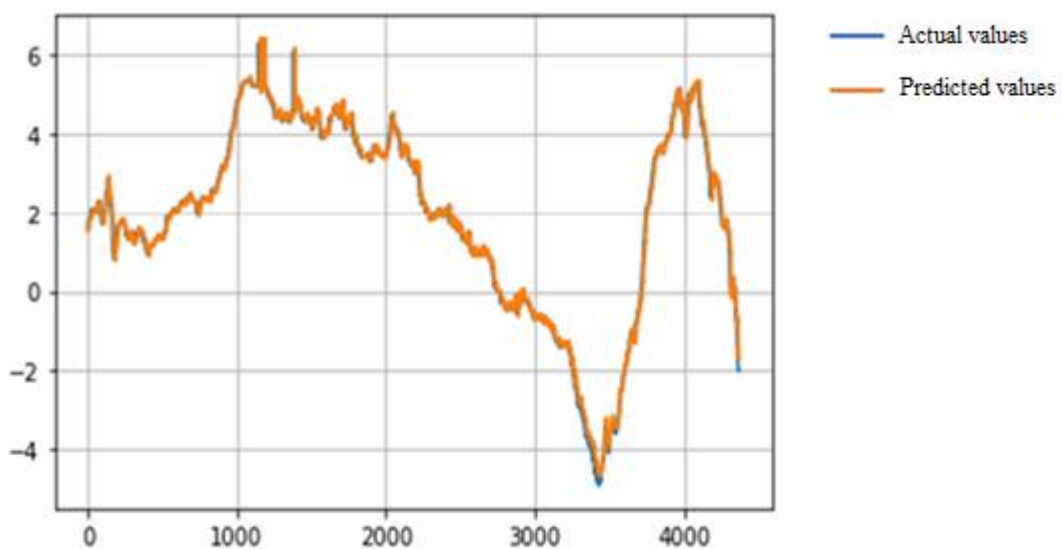


Figure 3 - Graph of predicted and real values [8]

The study [9] presents ways to effectively use the heat supply system for ventilation and air conditioning. The authors suggest using local control and real-time optimal control as ways to improve energy efficiency.

The use of local control includes, for example, changing the supply air temperature in the ventilation unit and controlling the room temperature. Many algorithms are used to regulate local changes, including artificial intelligence and neural networks [9].

Optimal real-time control requires the presence of a dispatcher to perform system optimization at intervals. The researchers note that this method of regulation is suitable for local control and will improve the energy efficiency of the ventilation

system. The paper presents the results of calculating the energy efficiency benefits depending on the optimization intervals, which reflect both the positive and negative aspects of this method of regulation.

Researches to increase the energy efficiency of heat supply systems are also presented in [10]. However, this paper considers real-time dynamic regulation of several buildings. The authors suggest using forecasting methods with past data analysis and optimizing for short and long time intervals.

The use of automation tools applied in the IHP has already proven its energy efficiency. However, the issue of financial benefit to the consumer is an open topic for research. Such a study was carried out in [11]. During the study, several objects similar in parameters were considered. The main objective was to determine the economic benefits for the consumer, which they could receive using automation tools. Thus, the use of automation tools allows saving 10-13% of the consumer's money (Figure 4).

Index	Value		
	Kindergarten	Apartment building	Shopping mall
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	25,92	26,62	26,62
Q_{omn}	0,29	0,29	0,29
$\delta t_p, ^\circ\text{C}$	80	80	80
$u_p, ^\circ\text{C}$	25	25	25
$t_1', ^\circ\text{C}$	50,21	47,47	47,47
$t_2', ^\circ\text{C}$	27,01	24,27	24,27
$\Delta t', ^\circ\text{C}$	23,2	23,2	23,2
f_{uz}	0,29	0,29	0,29
$f_{uz,om}$	0,24	0,24	0,24
$S, \%$	25,89	38,16	38,16
$D, \%$	10,49	12,85	12,85
$Q_{\text{перерасход}}, \text{Гкал}$	5,79	10,03	15,39
$\mathcal{E}, \text{руб}$	10189,13	17650,59	27083,01

Figure 4 - Results of technical and economic assessment [11]

Nowadays a promising area of research is the use of neural networks to predict the control parameters of systems [12, 13, 14]. Paper [12] presents an example of a neural network training using a database consisting of parameters obtained in the

past. However, this way of training the system is not always possible. So, for example, an independent method of training the system by searching for missing data using various automation tools is presented in [13]. The first method is convenient when all input data is known and it is enough to load them into the neural network. In this case, the system is trained faster and it is enough to develop only prediction algorithms. The second way to train a neural network takes more time, since the system needs to independently collect all the data, process it and eliminate errors.

After the development of forecasting algorithms, it is necessary to test the system and evaluate the correctness of its operation. This task can also be performed by a neural network. If the prediction algorithm is incorrect, the neural network will create a new algorithm. A correctly compiled predictive algorithm will allow achieving optimal control parameters, which will also affect the energy efficiency of the system.

Smart meters are used to evaluate the heating system at the design stage. This method is described in detail in [15]. When it comes time to modernize the heating system, it is necessary to clearly understand which parts of the system or equipment require updating. To compare different modernization options and choose the best option, it is necessary to reproduce the dynamic behavior of the building. When choosing one of the options for upgrading the system using a dynamic model of the behavior of the building, it is possible to evaluate how the performance of the heating system will change. The dynamic building model receives data from smart meters, thus the system receives the initial data. This method also belongs to predictive methods and is used to modernize heating systems, which allows you to simulate the system until the equipment is replaced. In addition, it is proposed to use artificial intelligence to simulate a dynamic model, which will speed up the execution of the calculation model.

Self-learning algorithms for calculating IHP system settings are also used for multivariate analysis. Such an example is presented in [16]. Self-learning algorithms are used to detect inaccuracies and correct or eliminate them. Use of such algorithms

make it possible to improve the performance of the control system. This paper also presents the results of a study using controllers. Studies have shown that the use of self-learning algorithms helps prevent controller degradation.

Various modeling algorithms are also used to predict parameters in ITP automation systems. Thus, the paper [17] describes the application of the model for predicting the load on heating, ventilation and air conditioning systems. This article discusses monolithic and sequential approaches to forecasting. The monolithic approach uses one large building model that includes all systems. Application of a sequential approach requires a divide of one large system into subsystems. In this case, the model of the heating, air conditioning and ventilation system is considered separately. These models are aimed at determining the load for each individual system. Also, the outside air temperature is taken into account for each forecasting approach. Obtaining data from heating, ventilation and air conditioning systems also carries out using automation tools.

Various modeling methods are presented in the review [18]. The article discusses options for modeling methods in terms of their effectiveness and eases of implementation, as well as evaluates the advantages and disadvantages.

Several conclusions can be drawn from the literature analysis:

1. The use of automation tools in the IHP system enable to increase the energy efficiency of the entire system;
2. Increasing energy efficiency helps to reduce the payment for the use of thermal resources for the consumer;
3. To control energy consumption, it is possible to use various forecasting algorithms;
4. Nowadays, forecasting algorithms are being tested using various modeling methods and artificial intelligence.

References

1. Bodrenko, E.V. Osobennosti vnedreniya avtomatizirovannyh individual'nyh teplovyh punktov // Voprosy ustojchivogo razvitiya obshchestva. – 2020. – V. 2. – P. 663–667. (in Russian).
2. Patrin, N.A. Analiz effektivnosti ispol'zovaniya individual'nyh teplovyh punktov s avtomatizaciej // Molodoj uchenyj. – 2018. – V. 24. – P. 71–74. (in Russian).
3. Nesterova, I.S., Karev, D.S. Tekhnologicheskie skhemy avtomatizirovannogo individual'nogo teplovogo punkta v sistemah teplosnabzheniya // Innovacii. Nauka. Obrazovanie. – 2021. – V. 26. – P. 1368–1374. (in Russian).
4. Ishchenko, A.S., Safonov, N.E., Kolosova, N.V. Povyshenie energoeffektivnosti teplovyh punktov // Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii. – 2021. – V. 3. – P. 6–10. (in Russian).
5. Shulepina, P.A., Mihajlova, A.A. Avtomatizaciya individual'nogo teplovogo punkta // Modern science. – 2021. – V. 8. – P. 220–224. (in Russian).
6. Blagodarnyj, N.S., Hvastov, A.D. Sistema upravleniya central'nym teplovym punktom i issledovanie ee rabotosposobnosti // Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskij progress. – 2020. – V. 7. – P.101–102. (in Russian).
7. Kaldar, K.N., Kirillov, P.A., Bishaev, N.S. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya teplovym punktom // Sbornik izbrannyh statej nauchnoj sessii TUSUR. – 2019. – V. 1. – P. 119–122. (in Russian).
8. Olejnikov, V.S., Kiseleva, L.A., Fedotovskih, E.A. Prognozirovanie tekhnologicheskikh parametrov avtomatizirovannogo teplovogo punkta // Modern science. – 2021. – V. 9. – P. 179–186. (in Russian).
9. Hou, J. et al. Real-time optimal control of HVAC systems: Model accuracy and optimization reward // Journal of Building Engineering. – 2022. – V. 50, – № 104159.

10. Wang, X., Zhang, X. HVAC system dynamic management in communities via an aggregation–disaggregation framework // *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. – 2022. – V. 142, – № 108207.

11. Dement'ev, S.A., Zherlykina, M.N. Issledovanie tekhniko-ekonomicheskogo efekta ot avtomatizacii individual'nogo teplovogo puncta // *Gradostroitel'stvo. Infrastruktura. Kommunikacii*. – 2017. – V. 1. – P. 19–24. (in Russian).

12. Chinde, V., Lin, Y., Ellis, M.J. Data-Enabled Predictive Control for Building HVAC Systems // *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*. – 2022. – V. 144, – № 081001.

13. Elnour, M. et al. Neural network-based model predictive control system for optimizing building automation and management systems of sports facilities // *Applied Energy*. – 2022. – V. 318, – № 119153.

14. Nicolas, L. et al. Distributed model predictive control of buildings and energy hubs // *Energy and Buildings*. – 2022. – V. 259, – № 111806.

15. Schuetz, P. et al. Automated modelling of residential buildings and heating systems based on smart grid monitoring data // *Energy and Buildings*. – 2020. – V. 229, – № 110453.

16. Morales, L. et al. Approaches based on LAMDA control applied to regulate HVAC systems for buildings // *Journal of Process Control*. – 2022. – V. 116. – P. 34–52.

17. Runge, J., Zmeureanu, R. Deep learning forecasting for electric demand applications of cooling systems in buildings // *Advanced Engineering Informatics*. – 2022. – V. 53, – № 101674.

18. Zakia, A. et al. Modeling techniques used in building HVAC control systems: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2018. – V. 83. – P. 64– 84.

Приложение Б

(обязательное)

Результаты теплового расчета

Таблица Б.1 – Сводная таблица нагрузок по помещениям

Этаж: -1	
<i>Помещение: ПОДВАЛ</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 4499 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	4499
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	0
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	4499
Этаж: 1	
<i>Помещение: КП6</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 3020 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1471
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1549
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	3020
<i>Помещение: КП1</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 3126 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1577
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1549
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	3126
<i>Помещение: ЛК1</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 2141 Вт	
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2141
<i>Помещение: КП2</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 2466 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	917
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1549
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2466
<i>Помещение: КП3</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 3062 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1513
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1549
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	3062
<i>Помещение: КП4</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 2927 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1471
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1456
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2927
<i>Помещение: КП5</i> $\theta_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 1924 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	375
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1549
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1924
Этаж: 2	
<i>Помещение: К1.2</i> $\theta_i = 22,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 2110 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2110
<i>Помещение: К2.2</i> $\theta_i = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ФНЛ = 945 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945

Продолжение таблицы Б.1

<i>Помещение: K3.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 946 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	349
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	946
<i>Помещение: K4.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 946 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	349
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	946
<i>Помещение: K5.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K6.2</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2110 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2110
<i>Помещение: K7.2</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2093 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	867
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2093
<i>Помещение: K8.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K9.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K10.2</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K11.2</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2093 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	867
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2093
Этаж: 3	
<i>Помещение: K1.3</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2109 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2109
<i>Помещение: K2.3</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K3.3</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597

Продолжение таблицы Б.1

Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K4.3 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K5.3 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K6.3 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2109 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2109
<i>Помещение: K7.3 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2092 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	866
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2092
<i>Помещение: K8.3 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K9.3 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K10.3 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	316
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K11.3 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2092 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	866
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2092
Этаж: 4	
<i>Помещение: K1.4 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2109 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2109
<i>Помещение: K2.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K3.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 946 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	349
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	946
<i>Помещение: K4.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 946 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	349

Продолжение таблицы Б.1

Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	946
<i>Помещение: K5.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 945 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	348
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	945
<i>Помещение: K6.4 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2109 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	883
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2109
<i>Помещение: K7.4 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2092 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	866
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2092
<i>Помещение: K8.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K9.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K10.4 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 914 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	317
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	914
<i>Помещение: K11.4 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2092 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	866
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2092
Этаж: 5	
<i>Помещение: K1.5 $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2331 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1105
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2331
<i>Помещение: K2.5 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1112 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	515
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1112
<i>Помещение: K3.5 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1113 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	515
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1113
<i>Помещение: K4.5 $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1113 Вт</i>	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	515
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1113

Продолжение таблицы Б.1

<i>Помещение: K4.5</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1113 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	515
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1113
<i>Помещение: K5.5</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1112 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	515
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1112
<i>Помещение: K6.5</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2331 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1105
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2331
<i>Помещение: K7.5</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2314 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1088
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2314
<i>Помещение: K8.5</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1081 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	484
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1081
<i>Помещение: K9.5</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1081 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	484
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1081
<i>Помещение: K10.5</i> $\theta_i = 20,0$ °С ФНЛ = 1081 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	484
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	597
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	1081
<i>Помещение: K11.5</i> $\theta_i = 22,0$ °С ФНЛ = 2314 Вт	
Проектные потери тепла, вызванные теплопередачей ФТ, [Вт]:	1088
Проектные потери тепла на вентиляцию ФV, [Вт]:	1226
Проектная тепловая нагрузка ФНЛ, [Вт]:	2314

Приложение В

(обязательное)

Результаты гидравлического расчета

Таблица В.1 – Сводная таблица подбора приборов отопления по помещениям

Помещение	ТИП	Размер	Нагрузка, Вт	T1 подача, °C	Остывание теплоносителя, °C	Расход тепло- носителя, кг/с
ПОДВАЛ	PRADO 30-30	1,200 м	1125	78,84	16,44	0,013
ПОДВАЛ	PRADO 30-30	1,200 м	1125	78,68	16,39	0,013
ПОДВАЛ	PRADO 30-30	1,200 м	1125	78,70	16,39	0,013
ПОДВАЛ	PRADO 30-30	1,200 м	1125	78,54	16,34	0,013
КП1	PRADOV02 22-30	1,200 м	1042	78,71	19,23	0,012
КП1	PRADOV02 22-30	1,200 м	1042	79,32	19,47	0,012
КП1	PRADOV02 22-30	1,200 м	1042	77,87	18,90	0,012
КП3	PRADOV02 22-30	1,200 м	1021	78,62	19,51	0,012
КП3	PRADOV02 22-30	1,100 м	1021	79,25	18,51	0,012
КП3	PRADOV02 22-30	1,200 м	1021	77,85	19,20	0,012
КП6	PRADOV02 22-30	1,100 м	1007	78,67	18,49	0,012
КП6	PRADOV02 22-30	1,100 м	1007	79,30	18,73	0,012
КП6	PRADOV02 22-30	1,200 м	1007	77,80	19,39	0,012
КП4	PRADOV02 22-30	1,100 м	976	79,15	19,13	0,012
КП4	PRADOV02 22-30	1,100 м	976	78,49	18,88	0,012
КП4	PRADOV02 22-30	1,100 м	976	77,69	18,57	0,012
К11.2	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,75	18,78	0,010
К7.2	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,88	18,84	0,010
К1.2	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	76,69	18,64	0,010
К6.2	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	77,07	18,80	0,010
К11.3	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,72	18,77	0,010
К7.3	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,85	18,83	0,010
К1.3	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	76,66	18,64	0,010
К6.3	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	77,04	18,79	0,010
К11.4	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,62	18,73	0,010
К7.4	PRADOV02 22-30	1,100 м	837	76,76	18,79	0,010
К1.4	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	76,56	18,60	0,010
К6.4	PRADOV02 22-30	1,100 м	844	76,95	18,76	0,010
К11.5	PRADOV02 22-30	1,200 м	926	76,84	18,59	0,011
К7.5	PRADOV02 22-30	1,200 м	926	76,97	18,64	0,011
К1.5	PRADOV02 22-30	1,200 м	932	76,79	18,46	0,011
К6.5	PRADOV02 22-30	1,200 м	932	77,14	18,61	0,011
ЛК1	PRADO 30-50	0,900 м	1071	79,37	19,71	0,013
КП2	PRADOV02 22-30	1,400 м	1233	78,21	18,77	0,015
КП2	PRADOV02 22-30	1,400 м	1233	79,22	19,16	0,015
ЛК1	PRADO 30-50	0,900 м	1071	79,45	19,74	0,013
К11.2	PRADOV02 22-30	1,600 м	1256	77,68	18,59	0,015

Продолжение таблицы В.1

K7.2	PRADOV02 22-30	1,600 м	1256	77,88	18,67	0,015
K6.2	PRADOV02 22-30	1,600 м	1266	77,95	18,59	0,015
K1.2	PRADOV02 22-30	1,600 м	1266	77,67	18,47	0,015
K11.3	PRADOV02 22-30	1,600 м	1255	77,65	18,58	0,015
K7.3	PRADOV02 22-30	1,600 м	1255	77,85	18,66	0,015
K6.3	PRADOV02 22-30	1,600 м	1265	77,92	18,58	0,015
K1.3	PRADOV02 22-30	1,600 м	1265	77,64	18,47	0,015
K11.4	PRADOV02 22-30	1,600 м	1255	77,55	18,54	0,015
K6.4	PRADOV02 22-30	1,600 м	1265	77,83	18,54	0,015
K7.4	PRADOV02 22-30	1,600 м	1255	77,75	18,62	0,015
K1.4	PRADOV02 22-30	1,600 м	1265	77,54	18,43	0,015
K11.5	PRADOV02 22-30	1,800 м	1389	77,69	18,81	0,017
K6.5	PRADOV02 22-30	1,800 м	1399	77,94	18,81	0,017
K7.5	PRADOV02 22-30	1,800 м	1389	77,87	18,88	0,017
K1.5	PRADOV02 22-30	1,800 м	1399	77,68	18,70	0,017
KП5	PRADOV02 33-30	1,700 м	1924	79,03	19,75	0,023
K10.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	76,03	19,27	0,011
K2.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,21	18,85	0,011
K3.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	946	77,23	19,27	0,011
K4.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	946	77,59	19,42	0,011
K5.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,56	19,00	0,011
K9.2	PRADOV02 22-30	1,100 м	914	77,29	18,56	0,011
K8.2	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	76,75	19,57	0,011
K10.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	76,00	19,26	0,011
K2.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,18	18,84	0,011
K3.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	77,20	19,26	0,011
K4.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	77,55	19,41	0,011
K5.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,53	18,99	0,011
K9.3	PRADOV02 22-30	1,100 м	914	77,25	18,56	0,011
K8.3	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	76,71	19,56	0,011
K10.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	75,86	19,20	0,011
K2.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,05	18,79	0,011
K4.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	946	77,48	19,37	0,011
K3.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	946	77,11	19,22	0,011
K5.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	945	76,42	18,94	0,011
K9.4	PRADOV02 22-30	1,100 м	914	77,16	18,52	0,011
K8.4	PRADOV02 22-30	1,200 м	914	76,61	19,51	0,011
K10.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1081	76,37	19,16	0,013
K2.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1112	76,51	18,80	0,013
K4.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1113	77,74	19,30	0,013
K3.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1113	77,42	19,17	0,013
K5.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1112	76,83	18,93	0,013
K9.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1081	77,48	19,62	0,013
K8.5	PRADOV02 22-30	1,400 м	1081	77,01	19,42	0,013

Приложение Г

(обязательное)

Параметры настройки Теплоучислителя-1 (ТВ7-04М)

ОТЧЕТ О НАСТРОЙКАХ ТЕПЛОУЧИСЛИТЕЛЯ ТВ7

Модель ТВ7-04М Заводской номер 000001

Контрольная сумма настроек КСН=СС86

Дата формирования 30.05.2023 21:59

Таблица Г.1 – Общие настройки

Идентификация	Сетевой адрес:	0
	Код организации:	0
	Договор:	0
Системные	Час отчета:	1
	Дата отчета:	1
	Система единиц:	МКС
	Термопреобр.:	Pt500
	Переход зимнее/летнее время:	Нет
Доп.имп.вход	Назначение:	Нет
Управление БД	Использование БД2:	Нет

Таблица Г.2 – Настройки БД1 (начало)

Параметр:	Тепловой ввод 1 (Т1,Т2,Т2(ПП))	---
СИ:	4	---
КТЗ:	1	---
ФРТ:	0	---
Контр.t:	Счет отм.	---
Контр.dt:	Счет отм.	---
dt min (°C):	2	---
Исп.tx	---	---
txд (°C):	---	---
Рхд (кгс/см2):	---	---
Контр.Q:	С подст.	---
Контр.dM:	Нет	---
dM max (%):	---	---
Исп.тнв:	Не исп.	---
Контр.R:	Нет	---
Исп.Qтв:	Есть	---

Таблица Г.3 – Настройки БД1 (окончание)

	Труба 1 (Т1)	Труба 2 (Т2)	Труба 3 (Т2(ПП))	---	---	---
Тип ВС	Электрон.	Электрон.	Электрон.	---	---	---
Вес имп.(л)	1,25	1,25	0,25	---	---	---
Контр.ВС	Нет	Нет	Нет	---	---	---
Контр.V	Нет	Нет	Нет	---	---	---
Vmax (м3)	45	45	6,05	---	---	---
Vmin (м3)	0,058	0,058	0,01	---	---	---
Vдог (м3)	14,7313	14,1492	1,2374	---	---	---
tдог(°C)	125	70	---	---	---	---
Рдог(кгс/см2)	6,4	3	3	---	---	---
Датчик Р	Есть,исп.	Есть,исп.	Нет	---	---	---
Рв(кгс/см2)	16,3155	16,3155	---	---	---	---
Рп(м)	0,1	0,1	---	---	---	---
Конт.отс.воды	Нет	Нет	Нет	---	---	---
Вход.отс.воды	0	0	0	---	---	---
Вход реверса	---	---	---	---	---	---

Таблица Г.4 – Настройки дискретных датчиков

	Вход 1	Вход 2		
Тип датчика	НР	НР		
Время подтв.	0	0		

Приложение Д

(обязательное)

Параметры настройки Теплового счетчика-2 (ТВ7-04М)

ОТЧЕТ О НАСТРОЙКАХ ТЕПЛОСЧИСЛИТЕЛЯ ТВ7

Модель ТВ7-04М Заводской номер 000002

Контрольная сумма настроек КСН=СС86

Дата формирования 30.05.2023 21:59

Таблица Д.1 – Общие

Идентификация	Сетевой адрес:	0
	Код организации:	0
	Договор:	0
Системные	Час отчета:	1
	Дата отчета:	1
	Система единиц:	МКС
	Термопреобр.:	Pt500
	Переход зимнее/летнее время:	Нет
Доп.имп.вход	Назначение:	Нет
Управление БД	Использование БД2:	Нет

Таблица Д.2 – Настройки БД2 (начало)

Параметр:	Тепловой ввод 1 (Т1.1, Т2.1)	Тепловой ввод 2 (Т3,Т4, В1)
СИ:	6	6
КТЗ:	1	1
ФРТ:	0	3
Контр.t:	Счет отм.	Счет отм.
Контр.dt:	Счет отм.	Счет отм.
dt min (°C):	2	2
Исп.tx	---	Догов.
txд (°C):	---	5
Рхд (кгс/см2):	---	6,25
Контр.Q:	С подст.	С подст.
Контр.dM:	Нет	Нет
dM max (%):	---	---
Исп.tнв:	Не исп.	Не исп.
Контр.R:	Нет	Нет
Исп.Qтв:	Есть	Есть

Таблица Д.3 – Настройки БД2 (окончание)

	Труба 1 (Т1.1)	Труба 2 (Т2.1)	---	Труба 1 (Т3)	Труба 2 (Т4)	Труба 3 (В1)
Тип ВС	Электрон.	Электрон.	---	Электрон.	Электрон.	Электрон.
Вес имп.(л)	1,25	1,25	---	1	0,25	1
Контр.ВС	Нет	Нет	---	Нет	Нет	Нет
Контр.V	Нет	Нет	---	Нет	Нет	Нет
Vmax (м3)	45	45	---	4	2	4
Vmin (м3)	0,058	0,058	---	0,03	0,03	0,03
Vдог (м3)	14,7313	14,1492	---	2,7	1,5	3,2
tдог(°C)	125	70	---	65	55	---
Рдог(кгс/см2)	6,4	3	---	5	4	5
Датчик Р	Есть,исп.	Есть,исп.	---	Есть,исп.	Есть,исп.	Нет
Рв(кгс/см2)	16,3155	16,3155	---	4	4	---
Рп(м)	0,1	0,1	---	0,1	0,1	---
Конт.отс.воды	Нет	Нет	---	Нет	Нет	Нет
Вход.отс.воды	0	0	---	0	0	0
Вход реверса	---	---	---	---	---	---

Таблица Д.4 – Настройки дискретных датчиков

	Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Тип датчика	НР	НР	НР	НР
Время подтв.	0	0	0	0

Приложение Е

(обязательное)

Лист подбора Шкафа управления ТШУ

Таблица Е.1 – Тип подключаемых датчиков температуры

цифровые термометры DS 1820, DS18B20	-	термопреобразователи сопротивления Pt 500, Pt 1000	√
--------------------------------------	---	--	---

Таблица Е.2 – Вводы питания

1 - без резервирования	-	2 – два ввода электросети и автоматический ввод резерва (АВР)	√
------------------------	---	---	---

Таблица Е.3 – Контуры управления

Количество контуров управления					3
Тип контура управления	регулирование температуры отсутствует или повысительные насосы	СО система отопления	ГВС система горячего водоснабжения	ТВ теплоснабжение системы вентиляции	ПП подпитка
	0	1	2	3	4
Контур 1	-	√	-	-	-
Контур 2	-	-	√	-	-
Контур 3	-	-	-	-	√

Таблица Е.4 – Насосное оборудование

Управление основным насосом контура 1	марка насоса	TP 32-150/2 A-F-A-BQBE-DW1
	напряжение питания	380В
	мощность, кВт	0,37
Управление резервным насосом контура 1	марка насоса	TP 32-150/2 A-F-A-BQBE-DW1
	напряжение питания	380В
	мощность, кВт	0,37
Управление основным насосом контура 2	марка насоса	LPm370HA
	напряжение питания	220В
	мощность, кВт	0,37
Управление резервным насосом контура 2	марка насоса	LPm370HA
	напряжение питания	220В
	мощность, кВт	0,37
Управление основным насосом контура 3	марка насоса	LPm370HA
	напряжение питания	220В
	мощность, кВт	0,37

Продолжение таблицы Е.4

Управление резервным насосом контура 3	марка насоса	LPm370HA
	напряжение питания	220В
	мощность, кВт	0,37