

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов (АТП)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка автоматизированного ИТП жилого здания

УДК 697.34-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Степченков Виктор Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АТП	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Менеджмента	Попова Светлана Николаевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. Экологии и БЖД	Василевский Михаил Викторович	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АТП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
 Кафедра Автоматизация теплоэнергетических процессов

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой АТП
 _____ Стрижак П.А.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Степченкову Виктору Андреевичу

Тема работы:

Разработка автоматизированного ИТП жилого здания	
Утверждена приказом директора ЭНИН №	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материалы практики 2. Проектные решения реальных используемых объектов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание объекта управления 2. Разработка функциональной схемы 3. Выбор приборов и ТСА с последующим составлением заказной спецификации 4. Разработка принципиальной электрической и монтажной схем 5. Выполнение расчета двухконтурной системы 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Схема функциональная 2. Схема принципиальная электрическая 3. Схема монтажная

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова Светлана Николаевна
Социальная ответственность	Василевский Михаил Эдуардович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АТП	Озерова Ирина Петровна	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Степченков Виктор Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа – 91 страница, 31 таблица, 8 рисунков, 26 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: система мониторинга и управления, узел учета, тепловой пункт, тепловая энергия, теплотребление, учет и регулирование.

Объектом разработки системы является жилой дом с инженерными сетями в микрорайоне «Северный» в Заречном поселении Томского района Томской области.

Целью работы является разработка системы мониторинга и управления теплотреблением здания, которая позволит вести точный учет потребляемой тепловой энергии, регулировать объем потребления в зависимости от текущих погодных условий, обеспечивать экономию энергоресурсов.

В результате разработана система, содержащая в себе компоненты, позволяющие производить учет и управление теплотреблением здания. Причем все данные о работе системы, объемах потребления и параметрах теплоносителя поступают диспетчеру, имеющему возможность отслеживать все параметры системы удаленно.

Содержание

Введение.....	10
1 Описание технологического объекта.....	11
2 Разработка функциональной схемы автоматизации	12
3 Определение расчетного расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение	14
3.1 Средний расчетный часовой объем потребления горячей воды	14
3.2 Определение среднечасового расхода на отопление	16
3.3 Определение максимального расхода теплоносителя.....	16
4 Анализ и выбор средств учета и регулирования тепловой энергии	17
4.1 Оборудование для управления теплоснабжением.....	17
4.1.1 Устройство и принцип действия ELC Comfort 210	17
4.1.2 Описание режимов работы ELC Comfort 210	19
4.2 Оборудование для учета тепловой энергии	21
4.2.1 Теплосчетчик ТСК – 7	21
4.2.2 Теплосчетчик ТЕРМОТРОНИК ТЗ4.....	24
4.3 Выбор оборудования для учета тепловой энергии.....	26
4.3.1 Теплосчетчик ТЕРМОТРОНИК ТЗ4.....	27
4.3.2 Теплосчетчик ТСК – 7	29
4.4 Выбор комплекта термопреобразователей сопротивления	31
4.5 Выбор датчиков измерения расхода	33
4.6 Выбор датчиков давления	35
4.7 Выбор пластинчатого теплообменника	37
4.8 Выбор регулирующих клапанов.....	40
4.9 Выбор циркуляционных насосов.....	42
5 Разработка принципиальной электрической схемы	45
6 Выбор и настройка регулятора	47
6.1 Расчет оптимальных параметров настройки одноконтурной системы .	48

6.2	Расчет и построение границы заданного запаса устойчивости АСР.....	50
6.3	Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора...	56
6.4	Оценка качества переходного процесса	60
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение.....	61
7.1	SWAT – анализ	62
7.1.1	Внешняя среда	62
7.1.2	Внутренняя среда	62
7.2	Наименования монтажных работ и их объемы.....	63
7.3	Траты на разработку проекта.....	66
7.3.1	Материальные затраты на создание проекта	66
7.3.2	Затраты на заработную плату	67
7.3.3	Отчисления в социальные страховые фонды.....	68
7.3.4	Смета затрат технического проекта	69
7.3.5	Расчет годовых эксплуатационных затрат	70
7.4	Расчет срока окупаемости	72
8	Социальная ответственность	74
8.1	Опасность поражения электрическим током	75
8.2	Опасность нанесения механических травм	76
8.3	Опасность обусловленная шумами и вибрациями машин	77
8.4	Опасность возникновения возгораний и пожаров.....	79
8.6	Микроклимат	80
8.7	Освещенность	82
	Заключение	84
	Список используемых источников.....	86

Приложение А Спецификация оборудования и средств автоматизации

Приложение Б Функциональная схема САР

Приложение В Схема электрическая принципиальная САР

Приложение Г Схема монтажная

Графический материал

На отдельных листах

ФЮРА.421000.016 С1

Схема функциональная

ФЮРА.421000.016 С2

Схема монтажная

ФЮРА.421000.016 Э3

Схема электрическая принципиальная

Введение

23 ноября 2009 года Советом Федерации был одобрен закон об энергосбережении и повышении экономической эффективности[1].

Благодаря закону потребитель получил возможность контролировать процесс потребления энергоресурсов. Жильцы домов заинтересованы в том, чтобы получать объективную информацию о потребленном количестве энергии, знать энергетическую эффективность дома, выявлять потери во внутридомовых системах, а также устранять несанкционированные подключения к внутридомовым системам. Кроме того, потребитель заинтересован в том, чтобы иметь возможность непосредственно самим регулировать потребление энергоресурсов.

Данные потребности потребителя позволяет реализовать автоматизированный тепловой пункт.

В рамках ВКР разрабатывается автоматизированный индивидуальный тепловой пункт жилого дома №6 адресу: Микрорайон «Северный» в Заречном сельском поселении Томского района.

Автоматизированный тепловой пункт здания позволяет решать следующие задачи:

- 1) автоматическое поддержание заданных параметров теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды;
- 2) мониторинг состояния объекта в реальном масштабе времени;
- 3) предоставления информации о потреблении энергоресурсов и выполнения договорных условий о режимах работы инженерных систем энергоснабжающей организации;
- 4) учет тепловой энергии.

1 Описание технологического объекта

Индивидуальный тепловой пункт в данной выпускной квалификационной работе предназначен для присоединения системы отопления и горячего водоснабжения, регулирования их параметров, управления режимами теплоснабжения и учета тепловой энергии четырехэтажного жилого дома, расположенного в микрорайоне «Северный» в Заречном поселении Томского района Томской области.

Теплоноситель в системе отопления – вода с температурой 95 °С в подающем трубопроводе и 70 °С в обратном.

Подключение системы отопления осуществляется по зависимой схеме. Система отопления принята однотрубная, с нижней разводкой подающей магистрали под потолком подвала. Узел учета тепловой энергии установлен на вводе в здание.

В работе предусматривается узел управления для проектируемого здания. Температура внешнего теплоносителя – 105/70 °С. Система ГВС жилого дома закрытая: циркуляция теплоносителя через теплообменник. Для обеспечения постоянной циркуляции воды в системе отопления предусматривается установка двух циркуляционных насосов, один из которых рабочий, другой – резервный на случай выхода из строя основного насоса.

Автоматика теплового пункта выполнена на базе регулятора ECL Comfort 210, выпускаемого фирмой Danfoss. Оптимизация режима теплоснабжения происходит по температуре наружного воздуха, обратной температуре сетевой воды и температуре в подающих трубопроводах внутренних систем. Также система автоматизации позволяет контролировать температуру теплоносителя в обратном трубопроводе теплосети. Регулирующие клапаны предусматриваются с электрическими приводами.

2 Разработка функциональной схемы автоматизации

Функциональная схема индивидуального теплового пункта представлена на листе ФЮРА.421000.016 С1 и в приложении Г, спецификация оборудования и средств автоматизации представлена в приложении А.

Функциональная схема – основной технический документ, в котором определяется: оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации, функционально – блочная структура узла автоматического контроля, управление и регулирование технологического процесса.

При разработке функциональной схемы САР теплового пункта были поставлены задачи:

- регистрация и контроль технологических параметров, процессов и состояния технологического оборудования;
- возможность отслеживать состояние оборудования и технологического процесса;
- возможность непосредственного воздействия на технологический процесс с целью повышения его эффективности.

Результатом составления функциональной схемы САР теплового пункта являются:

- составлена заказная спецификация средств автоматизации;
- выбраны методы измерения технологических параметров;
- определены способы представления информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

При разработке функциональных схем технологическое оборудование и коммуникации необходимо изображать, в упрощенном варианте, т.е. без указания каких-либо отдельных технологических аппаратов и трубопроводов, имеющих вспомогательное назначение. Но важно знать, что изображённая таким образом схема все же должна давать четкое и ясное

представление о её принципе работы и о взаимодействии с техническими средствами автоматизации.

Технологическая схема, изображенная таким образом, дает полное представление о принципе ее работы и взаимодействии со средствами автоматизации.

Арматура, изображенная на трубопроводах, непосредственно участвует в контроле и управлении технологическим процессом.

На функциональной схеме САР теплового пункта изображены измерительные каналы давления, расхода и температуры. Отбор давления производится непосредственно с подающего и обратного трубопровода. Там же установлены датчики расхода, которые производят учет расхода теплоносителя. На трубопроводах смонтированы электрифицированные задвижки для регулирования расхода теплоносителя, управляемые с контроллера. Управление насосами также осуществляется контроллером.

4 Анализ и выбор средств учета и регулирования тепловой энергии

4.1 Оборудование для управления теплопотреблением

Исходя из личного опыта и современных тенденций в сфере автоматизации, можно с уверенностью сказать, что контроллеры фирмы Danfoss являются одним из самых распространенных контроллеров для управления ИТП. За долгие годы эксплуатации данные контроллеры продемонстрировали высокую надежность и высокое качество работы в сфере автоматизации. Преимуществами данных контроллеров, по сравнению с аналогами являются:

- удобный и понятный интерфейс;
- высокая надежность, следовательно, отсутствие необходимости ремонта;
- простота монтажа и настройки.

Контроллер для систем отопления и ГВС ECL Comfort 210 предназначен для поддержания температуры воды в контуре отопления в соответствии с отопительным графиком. Предусмотрена возможность снижения температуры в ночное время и в выходные дни, а также для поддержания заданной постоянной температуры воды в контуре ГВС.

Для подключения к сети регулятор имеет стандартный последовательный интерфейс типа RS-232 и RS-485.

4.1.1 Устройство и принцип действия ELC Comfort 210

Регулятор представляет собой микропроцессорное устройство на базе микроконтроллера.

Управление исполнительными механизмами в контурах отопления и водоснабжения осуществляется по ПИ-закону регулирования. Измерение значений контролируемых температур выполняют платиновые

термопреобразователи сопротивления типа Pt-1000. Принцип действия такого датчика температуры (далее – термодатчик) основан на зависимости активного сопротивления чувствительного элемента от температуры. В качестве чувствительного элемента используется платиновый чип. Далее измеренное значение по линиям связи поступает на соответствующие входы регулятора, преобразуется в значение температуры и сравнивается с заданными или расчётными значениями. В зависимости от знака ошибки между температурами, управляющее воздействие осуществляется подачей сетевого питающего напряжения на исполнительные механизмы на период времени, вычисленный регулятором.

Конструктивно регулятор состоит из двух плат, которые помещены в пластмассовый корпус, предназначенный для крепления на DIN-рейку. По обеим сторонам корпуса располагаются клеммные колодки. В нижней части располагаются клеммники для подключения сетевого кабеля, исполнительных механизмов и кабеля связи по интерфейсу RS-232 (RS-485), в верхней части – клеммники для подключения входных датчиков температуры и выхода ШИМ.

Основные технические характеристики контроллера системы отопления типа ELC Comfort 210 представлены в таблице 4[5].

Таблица 4 – Технические характеристики ECL Comfort 210

№ п/п	Наименование параметров контроллера	Значения параметров
1	Диапазон температур, контролируемых датчиками, °С	от минус 35°С до +115°С
2	Погрешность регулирования температуры, °С	±2
3	Напряжение питания сети переменного тока, В	220 В (-15% ,+10%)
4	Частота питающей сети, Гц	50±1
5	Потребляемая мощность, не более, Вт	5
6	Номинальный ток нагрузки контактов реле при ~220 В, А	2

№	Наименование параметров контроллера	Значения параметров
7	Номинальный ток нагрузки контактов реле управляющих котлами - 5 В, мА	10
8	Степень защиты корпуса	IP54
9	Рабочая температура окружающей среды, °С	от 0 до +50
10	Относительная влажность окружающей среды, % при +25°С	до 80
11	Предел допускаемой основной приведенной погрешности измерения входного параметра и формирования выходного параметра	0,2%

4.1.2 Описание режимов работы ECL Comfort 210.

Предусмотрено 3 режима работы автоматизированного теплового пункта:

- 1) комфортный режим;
- 2) режим работы по графику;
- 3) ручной режим.

В комфортном режиме автоматика теплового пункта поддерживает необходимый, заданный в погодном компенсаторе, отопительный график круглосуточно. В зависимости от температуры наружного воздуха погодный компенсатор ECL Comfort 210 определяет и регулирует температуру подаваемого теплоносителя. Этот график определяется по 6 координатным точкам. По 6 определенным значениям температуры наружного воздуха задается температура подающего трубопровода. Контроллер определяет температуру наружного воздуха по датчику температуры наружного воздуха ESMT и разницу температур между подающим и обратным трубопроводом с помощью температурных датчиков ESMU, и сравнивает значения с заданным отопительным графиком:

1) если значение теплоносителя в подающем трубопроводе превышает установленные значения на $2-3^{\circ}\text{C}$, то формируется сигнал на электропривод для клапана AMV-423 на закрытие клапана системы отопления;

2) если значение теплоносителя в подающем трубопроводе меньше установленного значения на $2-3^{\circ}\text{C}$, то формируется сигнал на электропривод для клапана AMV-423 на открытие клапана системы отопления;

3) если значение теплоносителя в подающем трубопроводе не превышает установленного значения в отопительном графике на $2-3^{\circ}\text{C}$, то сигнал не формируется и погодный компенсатор продолжает замеры температуры и сопоставление их с температурным отопительным графиком.

В режиме работы по графику автоматика теплового пункта поддерживает необходимый, заданный в погодном компенсаторе, отопительный график. График состоит из семидневной недели и показывает время начала и окончания комфортного периода для каждого дня недели. На один день задается до трех комфортных периодов. Т.е. в зависимости от температуры наружного воздуха контроллер ECL Comfort 210 определяет и регулирует температуру подаваемого теплоносителя. Этот график определяется по 6 координатным точкам. По 6 определенным значениям температуры наружного воздуха задается температура подающего трубопровода. В остальном принцип работы погодного компенсатора повторяет комфортный режим работы.

В ручном режиме работы погодный компенсатор ECL Comfort 210 не управляет никакими процессами регулировки тепловой автоматики. Контроллер производит все замеры температурных датчиков ESMT и ESMU и выводит их на монохромный дисплей. Регулировка температуры подающего теплоносителя осуществляется с помощью вращения поворотной ручки на электроприводе AMV-423.

4.2 Оборудование для учета тепловой энергии

В данном проекте будут рассматриваться теплосчетчики, получившие широкое распространение в сфере учета тепловой энергии:

- ТСК – 7(ЗАО «ТЕПЛОКОМ», г. Санкт-Петербург);
- ТЕРМОТРОНИК Т34 (ЗАО «ТЕРМОТРОНИК», г. Санкт-Петербург).

4.2.1 Теплосчетчик ТСК – 7

Основными функциями ТСК – 7 являются измерение и регистрация параметров потока теплоносителя (холодной и горячей воды), а так же количества тепловой энергии.

Тепловычислитель ВКТ – 7 в составе теплосчетчика ВКТ – 7 измеряет потребляемую тепловую энергию по одному или двум тепловым вводам (ТВ1 и ТВ2). Функциональные возможности выпускаемых моделей ВКТ – 7 представлены в таблице 5[8].

Таблица 5 – Функциональные возможности ВКТ – 7

Модель	Количество подключаемых датчиков						Контроль питания ВС	Ресурс батареи, лет
	Тепловой ввод 1			Тепловой ввод 2				
	ВС	ТС	ПД	ВС	ТС	ПД		
ВКТ-7-01	3	2	-	1	-	-	нет	5
ВКТ-7-02	3	2	-	1	-	-	да	12
ВКТ-7-03	3	3	-	3	2	-	да	12
ВКТ-7-04	3	3	2	3	2	2	да	12
ВКТ-7-04Р	3	3	3	3	2	2	да	12

Метрологические характеристики в рабочих условиях представлены в таблице 6[7].

Таблица 6 – Метрологические характеристики ВКТ – 7

Величина	Диапазон	Пределы погрешности	Погрешность
Тепловая энергия, ГДж	0 – 10 ⁷	$\pm (0,1 + 3 / \Delta t) \%$	относительная
Масса теплоносителя, т	0 – 10 ⁸	$\pm 0,1 \%$	относительная
Объем теплоносителя, м ³	0 – 10 ⁸	± 1 ед. мл. р.	абсолютная
Количество измеряемой среды			
Средний объемный расход, м ³ /ч	0 – 10 ⁶	$\pm (0,01 + 6 / T) \%$	относительная
Температура теплоносителя, °С	0 – 180	$\pm 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$	абсолютная
Температура воздуха, °С	-50 – +130		
Разность температур, °С	2 – 180	$\pm 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}$	абсолютная
Избыточное давление, МПа	0 – 1,6	$\pm 0,25 \%$	приведенная
Межповерочный интервал	4 года		

При расчетном режиме (измерение количества среды: объема, массы, электроэнергии и т.п.) или в режиме регистрации внешних событий (сигнализация) может быть использован дополнительный импульсный вход.

Импульсные выходы могут быть использованы для передачи архивной информации на внешнее устройство, для трансляции сообщений о наличии диагностируемых ситуаций, для трансляции управляющих сигналов от ПК на внешние исполнительные устройства или для управления питанием модема.

Предусмотрены две базы настроечных параметров (БД), например, для зимнего и летнего режима работы.

Существует режим передачи текстовых сообщений на ПК (режим автодозвона) через модем (телефонный или GSM-модем) при возникновении одной или нескольких диагностируемых ситуаций (ДС) или события сигнализации.

ВКТ – 7 поддерживает подключение следующих датчиков[8]:

1) Расходомеры. Расходомеры применяются только с импульсным выходом с весом импульса от 0,0001 до 10000 литров.

2) Термопреобразователи сопротивления (ТС). Допускается применение однотипных ТС с характеристикой 100П, Pt100, 100М, 500П и Pt500.

3) Преобразователи избыточного давления (ПД). Используются ПД с выходным сигналом 4-20 мА и верхним пределом измерений не более 16 кгс/см².

ВКТ – 7 поддерживает функцию архивирования итоговых показаний в энергонезависимую память. Обновление итоговых и архивных показаний производится в начале часа.

Работа ВКТ – 7 заключается в преобразовании входных сигналов в показания соответствующих физических величин и выходные сигналы.

Сигналы ТС и ПД подвергаются преобразованию с назначаемым периодом измерений ПИ и далее предназначаются для вычисления текущих показаний масс, давлений и температур.

Импульсы от расходомеров обрабатываются вычислителем в момент поступления (независимо от параметра ПИ). Измеряемые величины рассчитываются исходя из параметров входных сигналов.

В соответствии с введенными настройками, по формулам вычисляются часовые архивные показания массы и тепловой энергии.

4.2.2 Теплосчетчик ТЕРМОТРОНИК ТЗ4

Теплосчетчик «ТЕРМОТРОНИК ТЗ4» используется для измерения параметров теплоносителя на узлах учета тепловой энергии и дальнейшего представления данных по их потреблению.

Теплосчетчик «ТЕРМОТРОНИК ТЗ4» осуществляет следующие функции:

- измерение текущих значений расхода, температуры и массы теплоносителя с помощью первичных преобразователей;
- определение потребленной тепловой энергии;
- сохранение в архив памяти значений вычислений, измерений, диагностики и параметров установки;
- индикацию установочных, расчетных, измеренных, архивированных и диагностических параметров;
- вывод через последовательный интерфейс RS-232 диагностической, измерительной, архивной, установочной и другой информации;
- программное конфигурирование системы расчетов и измерений с учетом вида контролируемой системы и набора применяемых первичных преобразователей расхода, давления и температуры;
- контроль и индикацию неисправностей тепловычислителя в автоматическом режиме, а также отказов первичных преобразователей и архивирование времени наработки и простоя;
- высокую защиту установочных и архивных данных от несанкционированного доступа.

В состав теплосчетчика входит тепловычислитель ТВ – 7, поставляемый со стандартными последовательными интерфейсами RS-232C или RS-485, через которые прибор производит обмен данными с компьютером (контроллером АСУ и т.д.).

Основные технические характеристики ТВ – 7 приведены в таблице 7[8].

Таблица 7 – Технические характеристики тепловычислителя ТВ – 7

Наименование параметра	Значение параметра
1. Количество каналов измерения: расхода температуры давлений	до 3 до 3 до 3
2. Диаметр условного прохода трубопровода, мм	от 10 до 200
3. Диапазон измерения среднего объемного расхода, м ³ /ч	от 0,01 до 1 360
4. Диапазон измерения температуры, °С	от 0 до 180
5. Диапазон измерения разности температур, °С	от 1 до 180
6. Электропитание тепловычислителя	автономное
7. Средняя наработка на отказ, ч	75 000
8. Средний срок службы, лет	12

Тепловычислитель обеспечивает сохранение результатов работы ТС за предыдущий период работы в архивах:

- часовом - 1080 записей (глубина архива - до 45 суток);
- суточном - 60 записей (глубина архива - до 2 месяцев);
- месячном - 48 записей (глубина архива - до 4 лет).

Согласно [8], в таблице 8 приведены основные метрологические характеристики для тепловычислителя ТВ – 7.

Таблица 8 – Метрологические характеристики ТВ – 7

Пределы допускаемой погрешности в условиях эксплуатации	Пределы погрешности
Тепловая энергия и тепловая мощность воды в открытой системе теплоснабжения (относительная)	по ГОСТ Р 8.591-2002
Тепловая энергия и тепловая мощность воды в закрытой системе теплоснабжения (относительная)	класс С
Тепловая энергия и тепловая мощность пара (относительная)	±4 %
Температура (абсолютная)	±(0,25 + 0,002·t) °С

Продолжение таблицы 8

Пределы допускаемой погрешности в условиях эксплуатации	Пределы погрешности
Разность температур (относительная)	$\pm(0,2 + 12/\Delta t) \%$
Объем и объемный расход воды (относительная)	$\pm 2 \%$
Масса и массовый расход воды (относительная)	$\pm 2 \%$
Масса и массовый расход пара (относительная)	$\pm 3 \%$
Давление (приведенная к диапазону измерений)	$\pm 1 \%$
Разность давлений (приведенная к диапазону измерений)	$\pm 0,5 \%$
Время (относительная)	$\pm 0,01 \%$

Устойчивость к внешним воздействующим факторам тепловычислителя (ТВ) в рабочем режиме:

- температура окружающего воздуха от 5 до 50 °С;
- относительная влажность не более 80 % при температуре до 35 °С, без конденсации влаги;
- атмосферное давление - 66,0 ... 106,7 кПа;
- вибрация в диапазоне 10 ... 55 Гц с амплитудой до 0,35 мм.

Степень защиты ТВ соответствует коду IP54 по ГОСТ 14254.

4.3 Выбор оборудования для учета тепловой энергии

На выбор приборов узла учета тепловой энергии влияет ряд особенностей систем водяного теплоснабжения, характерных для нашей страны, следовательно, целесообразно выбирать приборы учета отечественного производителя.

Выбор теплосчетчика зависит не только от функциональных возможностей и эксплуатационных характеристик, но и от точности вычисления количества теплоты. Следовательно, необходимо определить предел относительной погрешности измерительного канала количества теплоты теплосчетчиков, использование которых возможно в работе.

4.4 Комплект термопреобразователей сопротивления

Измерение температуры окружающей среды выполняется с помощью датчика температуры наружного воздуха ESMT, идущего в комплекте с электронным регулятором температуры.

Технические характеристики датчика представлены в таблице 9[9].

Таблица 9 – Технические характеристики ESMT

Измерительный элемент	Pt1000
Диапазон применения	от -50 до $+50$ °С
Электрическое соединение	Две винтовые клеммы под крышкой
Степень защиты	IP54
Постоянная времени	Менее 15 мин
Материалы	Крышка: ABS Кабель: PC (поликарбонат)

Для регулирования температуры в комплекте с электронным регулятором температуры используются четыре термопреобразователя сопротивления с номинальной характеристикой Pt1000. Длина монтажной части зависит от диаметра трубопровода в месте установки. Чувствительный элемент следует располагать на расстоянии $\pm 0,2 \cdot d_{\text{тр}}$ от оси трубопровода, где $d_{\text{тр}}$ – диаметр трубы.

Измерение температуры теплоносителя осуществляется с помощью ТПС типа ESMU. Технические характеристики ТПС показаны в таблице 10[9].

Таблица 10 – основные технические характеристики ESMU

Измерительный элемент	Pt1000
Диапазон применения	0...140 °С
Длина погружения	до 100 мм
Электрическое соединение	2 клеммы и кабельный ввод PG 9
Ру, бар	25

Для учета тепловой энергии производится измерение температуры теплоносителя. Осуществляет измерение комплект ТПС типа КТС – Б, производства ЗАО «ТЕРМОТРОНИК», поставляемый в комплекте теплосчетчика ТЗ4, выбранного ранее. Основные технические характеристики представлены в таблице 11[10].

Таблица 11 – Технические характеристики КТС – Б

Параметры КТС-Б	Значение КТС-Б
Диапазон измерения температуры термопреобразователя КТС-Б	0...160°C
Диапазон измеряемых разностей температур	3...150°C
Номинальная статическая характеристика (НСХ)	Pt100
Отношение сопротивлений W100	1,385
Предел допускаемой абсолютной погрешности при измерении температуры комплекта	$\pm(0,3+0,005t)$ °C
Предел допускаемой относительной погрешности при измерении разности температур	% $\pm(0,5+6/dt)$, где dt - разность температур
Рекомендуемый измерительный ток	1,0 мА
Сопротивление внутренних подводящих проводов для каждого термометра	не более, 0,05 Ом
Показатель тепловой инерции, не более	15 с
Электрическое сопротивление изоляции, при температуре 25±10 °С и относительной влажности воздуха 45...80%, не менее	100 МОм
Длина монтажной части L	60 мм
Диаметр монтажной части D	6 мм
Минимальная глубина погружения L	50 мм
Условное рабочее давление (без защитных гильз)	0,6 МПа
Материал защитной арматуры	сталь 12x18Н10Т
Категория пылевлагозащищенности	IP65
Средний срок службы	12 лет
Межповерочный интервал термопреобразователя КТС-Б	4 года

4.5 Датчики расхода

Электромагнитные расходомеры Питерфлоу РС в составе комплекта теплосчетчика ТЗ4, применяются на промышленных предприятиях, объектах теплоэнергетического комплекса и в жилищно-коммунальном хозяйстве для измерений объемного расхода и объема электропроводящих жидкостей, протекающих по трубопроводу.

В состав расходомеров входят: измерительный участок, электронный блок и внешний (выносной) адаптер. Электронный блок с измерительным участком представляют собой моноблочную конструкцию. Измерительный участок – футерованный защитным материалом отрезок трубопровода из немагнитной стали, заключенный в кожух, защищающий элементы магнитной системы расходомера.

Расходомеры способны обеспечивать следующие функциональные возможности:

- индикация результата измерений через встроенное табло;
- архивация результата измерений и диагностическую информацию;
- вывод результата измерений и диагностической информации на внешние приборы через унифицированные выходные сигналы.

В зависимости от исполнения датчики расхода имеют следующие выходные сигналы:

- 2 импульсных сигнала, создаваемых дискретным изменением сопротивления выходной цепи, проходящий через преобразователь заданного объема измеряемой среды;
- токовый сигнал с диапазоном изменения тока (4–20) мА, соразмерный замеренному расходу;
- цифровой сигнал LIN в стандарте интерфейса RS485, переносящий информацию о результате измерения и диагностики [9].

В таблице 12 представлены основные технические характеристики расходомера Питерфлоу РС[11].

Таблица 12 – Основные технические характеристики

Параметры измеряемой среды	Значение
Удельная электропроводность	от 10 ³ до 10 см/м
Температура измеряемой среды	от 0 до 150 °С
Рабочее давление измеряемой среды, не более	1,6 МПа
Рабочие условия эксплуатации	Значение
Температура окружающего воздуха	от -10 до +50 °С
Относительная влажность воздуха при 35°С, не более	95%
Атмосферное давление в диапазоне	от 84 до 106,7 кПа
Переменное магнитное поле частотой 50 Гц, не более	40 А/м
Механическая вибрация частотой 10-55 Гц с амплитудой смещения	до 0,35 мм
Гидравлическая прочность	2,5 МПа
Степень защиты корпуса	IP65 по ГОСТ 14254
Параметры электропитания	Значение
Напряжение сети переменного тока	ном. 220 В (~ 150...240 В)
Мощность, потребляемая от сети, не более	5 ВА
Выходное напряжение	(12 ± 0,5) В
Показатели надежности	Значение
Средняя наработка на отказ, не менее	80 000 ч
Средний срок службы, не менее	12 лет

Электромагнитные преобразователи Питерфлоу РС обладают рядом преимуществ по сравнению со своими конкурентами:

- наличие графического дисплея с подсветкой. На нем отображается вся необходимая контрольная и эксплуатационная информация;
- встроенный архив увеличенной глубины;

- наличие многоуровневой защиты от несанкционированного доступа;
- размещение электроники в изолированном герметичном сегменте корпуса.

Конструктивные особенности расходомеров в сочетании с другими преимуществами: хорошим гарантийным обслуживанием, простотой эксплуатацией, а также невысокой ценой, делают расходомеры марки Питерфлоу лучшим выбором для установки на узле учета тепловой энергии.

4.6 Датчики давления

Преобразователь давления – прибор, преобразовывающий физическую величину, в частности давление, в электрический, пневматический или цифровой унифицированный сигнал. В комплект теплосчетчика ТЗ4 входят датчики давления СДВ.

Мембрана первичного преобразователя деформируется под воздействием давления внешней среды. Полупроводниковые тензорезисторы, включенные в электрическую цепь делителя напряжения, меняют электрическое сопротивление, вследствие чего преобразователь выдает сигнал напряжения. Далее электронное устройство преобразует электрический сигнал в унифицированный токовый выходной сигнал.

Технические характеристики преобразователя давления СДВ представлены в таблице 13 [12].

Таблица 13 – Технические характеристики датчиков СДВ

Метрологические и механические характеристики	
Рабочая среда	Воздух, газы, жидкости (в т.ч. масла).
Тип измеряемого давления	относительное
Диапазоны измерений, бар	0 – 6, 0 – 10, 0 – 16, 0 – 25
Диапазон допустимых температур рабочей среды, °С	от -40 до 85

Продолжение таблицы 13

Диапазон допустимых температур при транспортировке и хранении, °С	от -50 до 85
Диапазон компенсированных температур, °С	от 0 до 80
Предел допускаемой основной приведенной погрешности	$\leq \pm 0,5$; 1 диапазона измерений
Дополнительная погрешность на изменение температуры окружающего воздуха вне диапазона компенсированных температур	$\pm 0,2$ % диапазона измерений/10°С
Время реакции, мс	< 4
Предельно давление перегрузки (статическое)	6-кратный диапазон измерений, но не более 1500 бар
Давление разрыва чувствительного элемента	>6-кратный диапазон измерений, но не более 2000 бар
Технологическое соединение	внешняя резьба G 1/4" или G 1/2"
Материал частей контактирующий со средой	нержавеющая сталь AISI 316L
Корпус	нержавеющая сталь AISI 316L, класс защиты IP 65
Вес, кг	0,25
Электрические характеристики	
Выходной сигнал	4 – 20 мА (стандартно)
Защита от неправильного включения полярности	есть
Предельный ток, мА	28
Влияние изменения $U_{пит}$ на точность	$\leq \pm 0,05\%$ диапазона измерений/10 В
Сопротивление нагрузки, Ом	$RL \leq (U_{пит} - 9)/0,02$
Электрическое соединение	стандартно штекер DIN 43650

Преимуществами данного датчика являются надежность измерений, высокая скорость реакции, а также простота подбора и монтажа. Данные преобразователи давления являются хорошим выбором для разрабатываемого теплового пункта.

4.7 Выбор пластинчатого теплообменника системы ГВС

Пластинчатый теплообменник – устройство, используемое в системах отопления, вентиляции или водоснабжения, осуществляющее передачу теплоты от более горячего теплоносителя к нагреваемой среде, через медные, стальные, графитовые, титановые гофрированные пластины, стянутые в пакет [13].

При теплообменных процессах теплоносители движутся в противоток. В месте их потенциального перетекания располагается или стальная пластина, или двойное резиновое уплотнение, что исключает смешивание жидкостей.

Количество пластин теплообменника зависит от эксплуатационных требований. Материалы исполнения пластин, могут быть различными, от недорогой нержавеющей стали, до экзотических сплавов, способных работать с агрессивной средой.

Расчет и выбор теплообменника был осуществлен через официальный сайт фирмы Danfoss [14]. Процесс подбора и необходимые параметры для расчета теплообменного аппарата изображены на рисунке 1.

Выберите из списка, назначение теплообменного аппарата

Горячее водоснабжение | Отопление | Вентиляция | Холодоснабжение | Прочее

Поверочный расчет

I ст | II ст | Разборный | Паяный

Вход греющий контур, °C: 95

Выход греющий контур, °C: 70

Выход нагреваемый контур, °C: 60

Вход нагреваемый контур, °C: 5

Укажите требуемое значение **мощности** или планируемый **расход**

133000.000 ккал/ч

1.478 кг/с

со стороны теплосети

Текстовое примечание к расчету:

Теплообменник ГВС

В этом поле Вы можете указать дополнительную информацию, которая будет отображена на листе расчета теплообменника и поможет Вам идентифицировать расчет - например название объекта.

Внимание! Расчет будет произведен из стандартных параметров. Рабочая среда:

Греющая сторона: вода

Нагреваемая сторона: вода

при максимально допустимом перепаде давления 30 кПа. Запас поверхности нагрева 10 %.

Отправить на расчет

Рисунок 1 – Расчет теплообменного аппарата

В соответствии с введенными параметрами программой был подобран пластинчатый теплообменник – модель XGM032L-1-30, предназначенный для систем горячего водоснабжения зданий. Основные характеристики данной модели представлены в таблице 14 [15].

Таблица 14 – Технические характеристики теплообменного аппарата

Теплоноситель	Греющая сторона		Нагреваемая сторона	
	Вода		Вода	
Режим работы	Вход	Выход	Вход	Выход
Расход жидкости (общий) [кг/с]	1,47	1,47	0,67	0,67
Рабочая температура [°C]	95	70	5	60
Потери напора [кПа] (допустимые / факт.)	30 / 25,22		30 / 6,02	

Теплоноситель	Греющая сторона		Нагреваемая сторона	
Скорость в портах [м/с]	1,89		0,84	
Тепловая нагрузка[ккал/ч]	133000,00			
Коэфф. теплопередачи (факт.) [Вт/(м ² ·°С)]	4127			
Коэфф. теплопередачи (треб.) [Вт/(м ² ·°С)]	1701			
Площадь теплопередачи [м ²]	1,88			
Запас поверхности [%]	142,54			
Свойства теплоносителя				
Плотность [кг/м ³]	971,10	971,10	995,54	995,54
Удельная теплоемкость [кДж/(кг·°С)]	4,20	4,20	4,18	4,18
Теплопроводность [Вт/(м·°С)]	0,67	0,67	0,62	0,62
Вязкость (средняя) [сП]	0,35	0,35	0,76	0,76
Соединения				
Позиция	S1	S2	S3	S4
Тип	Фланец	Фланец	Фланец	Фланец
Размер	DN50	DN50	DN50	DN50
Тип соединения по патрубкам	Параллельное			
Конструктивные данные				
Количество проходов	1	1		
Каналы (Горячая / Холодная)	14L	15L		
Материал / Толщина пластин	EN1.4401(AISI316L) / 0.3 мм			
Количество пластин	30			
Расчетное / Испыт. давление[бар(изб)]	16/23			
Макс. Расчетная температура[°С]	150			

4.9 Выбор регулирующих клапанов системы отопления и ГВС

Клапан — устройство, которое предназначено для открытия, закрытия либо выполнения процесса регулирования потока рабочей среды при достижении определённых заданных условий (повышение/понижение давления и др.).

Клапаны относятся к классу так называемой трубопроводной арматуры. Исходя из стандартов клапанов по назначению, различают следующую арматуру:

- запорную арматуру (для перекрытия);
- регуливающую арматуру (для изменения расхода);
- распределительно-смесительную арматуру (для распределения потоков теплоносителя либо для смешивания потоков);
- предохранительную арматуру (для защиты элементов системы при возможных отклонениях);
- обратную арматуру (для предотвращения изменения направления потока).

Регулирующая арматура выполняет функцию регулирования расхода рабочей среды теплоносителя. В независимости от какого – либо конструктивного исполнения, конечной целью выбора регулирующего клапана является обеспечение необходимой линейной зависимости между регулирующим воздействием и изменением регулируемого параметра (в нашем случае расхода).

Одной из важных гидравлических характеристик при выборе регулирующего клапана является его пропускная способность K_v ($\text{м}^3/\text{ч}$). Пропускная способность определяется, как объемный расход воды ($\text{м}^3/\text{ч}$) с плотностью величиной в $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, который проходит через клапан при перепаде давления в 10^5 Па (или 1 бар).

Пропускная способность клапана K_v включает в себя коэффициент местного сопротивления и площадь входного сечения клапана, которая рассчитывается по величине условного диаметра входного сечения.

Исходные данные:

- вода 95/70 °С;
- давление в подающем трубопроводе тепловой сети $P_1=6$ кгс/см²;
- давление в обратном трубопроводе тепловой сети $P_2=4$ кгс/см².

Пропускная способность клапана определяются по формуле[16]:

где: G_{\max} – максимальный расход теплоносителя, м³ / ч;

$\Delta P_{\text{клапана}}$ – перепад давления на регулирующем клапане, бар.

Максимальный расход теплоносителя:[16]

Перепад давления на регулирующем клапане с учетом всех потерь на элементы трубопровода: $\Delta P_{\text{клапана}} = 0,7$ бар.

Коэффициент расхода[16]:

С учетом припуска на рабочий допуск:

Из серийного ряда величин K_v выбираем ближайшую K_{vs} величину. В таблице 15[17] приведены соответствия коэффициентов расхода и номинальных диаметров регулирующих клапанов.

Таблица 15 – Номинальные диаметры регулирующих клапанов

Номинальный диаметр, DN, мм	$K_{vs}, \text{м}^3/\text{ч}$	Ход штока, мм
15	0,25	5
	0,4	5
	0,63	5
	1	5
	1,6	5
	2,5	5
	4	5
20	6,3	5
25	10	7
32	16	10

Значение $K_{vs} = 14,9 \text{ м}^3/\text{ч}$. соответствует табличному значению $K_{vs} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$. при номинальном диаметре 32 мм.

Используя [17] выбираем регулирующий клапан и привод.

Регулирующий клапан VB-2 с параметрами:

- условный диаметр – 32 мм;
- пропускная способность – $16 (\text{м}^3/\text{ч})/\text{бар}^{0,5}$;
- диапазон рабочих температур – от 2°C до 150°C ;
- ход штока – 10 мм;
- рекомендуемый тип привода – AMV20.

Выбираем электропривод для клапана AMV20 с параметрами[18]:

- время перемещения – 15 с;
- ход штока – 10 мм;
- максимальная температура 150°C .

4.10 Выбор циркуляционных насосов для систем отопления и ГВС

Насос – основной элемент водяной инженерной системы здания. От совместной работы насоса и всего оборудования системы, включая запорную – регулирующую арматуру, зависит эффективность функционирования всей системы.

4.10.1 Выбор насоса системы отопления

В системах отопления обычно встречаются циркуляционные насосы, их количество должно быть не менее двух, а соединение параллельным. Один из этих насосов является резервным.

Выбор циркуляционных насосов для системы отопления зависит от следующих характеристик[18]:

- 1 максимальный расход теплоносителя системы отопления
- 2 подача насоса определяется по формуле[18]:
- 3 напор насоса определяется по формуле[18]:

Выбираем насос типа Grundfos серии Magna 32-120 F N с параметрами[18]:

- максимальная подача 14 м³/ч;
- максимальный напор 12 м.

4.10.2 Насос рециркуляции системы ГВС

Насосы системы ГВС обеспечивают циркуляцию горячей воды в системе водоснабжения. Благодаря их работе потребитель получает горячую воду сразу же после открытия крана. Выбор насоса рециркуляции системы ГВС аналогичен выбору насосов системы отопления.

Выбираем насос типа Grundfos серии UPS 25-70 с параметрами[18]:

- максимальная подача 4,6 м³/ч;
- максимальный напор 5 м.

5 Разработка принципиальной электрической схемы

Принципиальные электрические схемы определяют полный состав приборов, аппаратов и устройств, а также связей между ними.

С помощью принципиальной схемы разрабатываются и другие документы проекта: монтажные таблицы пультов и щитов, схемы внешних соединений и др. Принципиальная электрическая схема АСУ теплового пункта представлена на листе ФЮРА.421000.016 ЭЗ.

Схема даёт наглядное представление о функциях элементов, расположенных в шкафной конструкции, а также их взаимодействии между собой. На принципиальной электрической схеме изображен тепловычислитель, который собирает данные с датчиков температуры, расхода и давления, а также контроллер, управляющий электрозадвижками и насосами теплового пункта.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации служит основанием для разработки принципиальной электрической схемы. При

разработке необходимо учитывать выполнение функций, возложенных на систему. В ходе анализа этих документов выявляется последовательность и принцип действия каждого элемента в системе. Каждому элементу на схеме присваивалось условное обозначение. Графические изображения элементов системы изображены и расставлены так, чтобы обеспечивать наглядность и простоту чтения схемы. Устройства соединены с помощью линий связи, обозначающих линии электрической проводки. На схеме изображены задействованные клеммы. При изображении разрывов линий связи использовался адресный метод, в котором напротив места разрыва ставился номер листа и цифро – буквенное обозначение, указывающее на более точное расположение продолжения линии связи. Цепи пронумерованы вне зависимости от нумерации клемм, с оставлением нумерации для резерва.

На основании принципиальной схемы разрабатывается монтажная схема, которая предназначена для осуществления монтажа элементов системы управления тепловым пунктом, а также линий связи между ними. Линии связи пронумерованы и промаркированы необходимой маркой кабеля, с указанием длины и количества используемых жил. Монтажная схема АСУ теплового пункта представлена на листе ФЮРА.421000.016 С3.

6 Выбор и настройка регулятора

В настоящем дипломном проекте разрабатывается автоматизированная система мониторинга и управления теплоснабжением здания. Регулятор теплоснабжения является неотъемлемой частью этой системы и должен сочетаться с другими компонентами системы. Исходя из технических характеристик и функциональных возможностей, для регулирования теплоснабжения здания выбираем регулятор ELC Comfort 210.

В комплект поставки регулятора входят:

- ELC Comfort 210 1 шт.;
- информационная карта 1 шт.;
- инструкция по эксплуатации 1 шт.;
- паспорт 1 шт.

Технические характеристики регулятора:

- номинальное напряжение питания от сети переменного тока: 220 В частотой 50 Гц;
- допустимое отклонение номинального напряжения -15...+10 %;
- диапазон измерения температур от -50 до +150 °С;
- количество аналоговых входов – 8 шт.;
- количество цифровых входов – 2 шт.;
- количество симисторных выходов – 6 шт.;
- количество аналоговых выходов – 2 шт.;
- тип интерфейса – RS-232, RS-485;
- длина связи по интерфейсу RS-232 не более 15 м; RS-485 – не более 1200м;
- потребляемая мощность (без учёта мощности, потребляемой исполнительными механизмами) не более 3 Вт;
- максимальный ток нагрузки (по выходам на исполнительные механизмы) не более 0,5 А;

- абсолютная погрешность измерения температуры по всем каналам ± 1 °С;
- регулятор предназначен для круглосуточной работы;
- регулятор предназначен для установки в щит, внутри помещения, в месте соответствующем условиям эксплуатации.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2В	Степченков Виктор Андреевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	Автоматизации теплоэнергетических процессов
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость затрат на выполнение технического проекта (ТП):</i> - на специальное оборудование; - зарплату; - страховые отчисления; - прочие расходы.	Стоимость технических приборов, рассчитанная согласно прайс-листам определяет затраты, идущие на специальное оборудование. Заработная плата определяется согласно тарифной ставке и коэффициентам (зависящих от различных условий: регион, организация и прочее). Страховые отчисления рассчитываются согласно Федеральному закону (от 24.07.2009 №212-ФЗ)
<i>Длительность выполнения ТП</i>	80 календарных дней.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Оценка перспективности выполнения данного ТП с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценка перспективности и потенциала разрабатываемого ТП производится с помощью анализа и интегральной оценки ресурсоэффективности.
<i>Планирование и последующее формирования графика работ по выполнению ТП</i>	Для составления плана работ необходимо выполнить оценку трудоемкости. Исходя из полученных данных возможно построение графика технико-конструкторских работ, который позволит наилучшим образом спланировать сам процесс выполнения ТП.
<i>Выполнение сметной документации</i>	Сметная документация разрабатываемого ТП выполняется согласно классификации затрат по следующим статьям: 1) материальные затраты; 2) затраты на специализированное оборудование; 3) общая заработная плата; 4) страховые отчисления; 5) прочие расходы.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2В	Степченков Виктор Андреевич		

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 Внешняя среда.

Использование данного проекта возможно в различных направлениях: реализация систем теплоснабжения для жилых домов, хозяйственных зданий и зданий производственного назначения и др.

К конкурентам можно отнести компании, работающие в данной отрасли и занимающиеся проектной деятельностью, связанной с автоматизацией систем теплоснабжения. Потенциальными конкурентами могут быть компании: ООО «ВЭСТ», ООО «АТК ЭНЕРГО».

Для разрабатываемого проекта был выделен ряд поставщиков, исходя из ценовой политики, качества обслуживания и месторасположения.

Термопреобразователи сопротивления типа КТС-Б, преобразователи расхода электромагнитные «Питерфлоу РС», датчики давления СДВ, а так же тепловычислитель ТВ – 7 входят в состав комплекта теплосчетчика «ТЕРМОТРОНИК Т34». Вышеперечисленное оборудование поставляет ООО «ЭКС», г. Новосибирск. Среди зарубежных аналогов стоит отметить ведущие компании по производству теплоэнергетического оборудования, приборов и ТСА, такие как Siemens (Германия) и Danfoss (Дания). Большое значение при выборе оборудования имеет доступность ремонта и обслуживания приборов. По этим характеристикам российские производители так же превосходят зарубежные аналоги.

7.1.1 Внутренняя среда

В пункте внутренняя среда рассматривается конечный проектный продукт.

Конечный продукт – комплекс оборудования, приборов и ТСА, расположенный в специально оборудованном для этого помещении, состоящем из элементов тепловых установок, соединенных непосредственно с тепловой сетью. В помещении осуществляется управление и регулирование режимами теплопотребления, параметрами теплоносителя.

К основным средствам можно отнести контроллер. С его помощью осуществляются функции регулирования и управления.

Оборотным капиталом является экономический эффект, полученный в результате эксплуатации автоматизированного индивидуального теплового пункта.

Результаты проведенного SWOT – анализа позволят сделать вывод о перспективности разрабатываемой системы.

7.2 Наименование монтажных работ и их объемы

Перечень монтажных работ и объемов работ по установке индивидуального теплового пункта разрабатывается, исходя из работы одной бригады, включающей в свой состав одного мастера бригады, слесаря КИПиА и сварщика выполняющих непосредственно сам монтаж.

Перечень работ включает в себя:

- установка электронного регулятора температуры с последующим подключением преобразователей сопротивления для прямого и обратного трубопровода, а также подключение датчика температуры наружного воздуха;
- установка регулирующего органа с подключением технических средств автоматизации;
- установка тепловычислителя совместно с расходомерами, преобразователями избыточного давления и датчиками температуры;
- запуск, настройка и проверка работоспособности системы.

Трудоемкость выполнения работ принято оценивать экспертным путем в человеко-днях (чел.-дн.). Эта оценка является вероятностной, по причине наличия множества трудно учитываемых факторов, влияющих на расчет.

Результаты расчетов ожидаемой трудоемкости выполнения работы представлены в таблице 22.

Продолжительность выполнения каждой работы в рабочих днях T_p определяется исходя из расчета ожидаемой трудоемкости выполнения работ.

Необходимо учитывать возможность параллельного выполнения работ несколькими рабочими. Вычисление продолжительности необходимо для дальнейшего расчета заработной платы.

Временные показатели проведения монтажных работ представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Временные показатели проведения монтажных работ

Название текущих работ	Трудоёмкость выполняемых работ			Длительность работ T_{pi} , раб.дн.	Длительность работ T_{ki} , кал. дн.
	t_{min} , чел.-дн.	$t_{ож}$, чел.-дн.	t_{max} , чел.-дн.		
1) Монтаж шкафа автоматизации	1	1,4	2	0,7	1,04
2) Установка тепловычислителя	1	1,4	2	0,7	1,04
3) Установка контроллера	1	1,4	2	0,7	1,04
4) Установка расходомеров	1	1,4	2	0,7	1,04
5) Установка термопреобразователей сопротивления	1	1,4	2	0,7	1,04
6) Установка датчиков давления	1	1,4	2	0,7	1,04
7) Монтаж регулирующих клапанов	1	1,4	2	0,7	1,04
8) Монтаж насосов	1	1,4	2	0,7	1,04
9) Коммуникация шкафа автоматизации, датчиков, насосов и клапанов	1	1,4	2	0,7	1,04
10) Наладка, настройка и проверка работоспособности оборудования	1	1,4	2	0,7	1,04
Итого:				7	10,4

7.3 Затраты на разработку проекта

Планирование сметной документации отражает все виды расходов, связанных с выполнением работы. При формировании сметы учитываются затраты по статьям:

- материальные затраты проекта;
- основная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- накладные расходы.

7.3.1 Материальные затраты на создание проекта

Сумма расходов на приборы и ТСА представлена в таблице 23.

Наименование прибора/технического средства автоматизации	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Комплект термопреобразователей сопротивления КТС-Б	1	1600	1600
Датчик температурный наружного воздуха ESMT-084N1012	1	3568	3568
Электронный регулятор ECL Comfort 210	1	29 555	29555
Погружной датчик температуры ESMU	4	5700	22800
Регулирующий клапан ГВС VB – 2	1	30526	30526
Регулирующий клапан отопления VB – 2	1	30526	30526
Электропривод ГВС AMV 30	1	44000	44000
Электропривод отопления AMV 20	1	34000	34000
Комплект преобразователей расхода Питерфлоу РС	1	25000	25000
Тепловычислитель ТВ – 7	1	16500	16500
Преобразователь давления MBS	2	5000	10000
Насос рециркуляции ГВС Grundfos UPS 25-70F	1	12000	12000
Насос циркуляционный отопления MAGNA 40-120F	2	45000	90000
Регулятор перепада давлений СДВ	1	138000	138000
Теплообменный аппарат Danfoss	1	100000	100000
Итого			588075

7.3.2 Затраты на заработную плату

Расходы на заработную плату включают в себя: основную заработную плату исполнительного персонала (включая доплаты, премии) и дополнительную заработную плату.

Результаты расчета заработной платы исполнителей технического проекта представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты расчета заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Надбавка, руб.	Районное регулирование, руб.	Среднедневная зар. плата, руб.	Продолжительность работ, раб. дн.	Основная зар. плата, руб.	Дополнительная зар.плата, руб.	Полная зар. плата, руб.
Мастер бригады	30000	3000	9900	1865	7	13055	1958	15013
Слесарь 5 разряда	23000	2000	7500	1415	7	9905	1486	11391
Сварщик	20000	2000	6600	1245	7	8715	1307	10022
Итого								36426

7.3.3 Отчисления в социальные страховые фонды

Обязательные отчисления в социальные страховые фонды рассчитываются по нормам, установленным законодательством Российской Федерации. Во внебюджетные фонды величина затрат составляет 30 % от оплаты труда.

Накладные расходы принимаются как 16 % от размера заработной платы.

Прочие расходы составляют 1% от суммы материальных затрат, затрат на оплату труда и социальных отчислений.

7.3.4 Смета затрат технического проекта

Составленная смета затрат на выполнение технического проекта приведена в таблице 25.

Таблица 25 – Смета затрат

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	670,4	90,4
Заработная плата	36,4	5,87
Внебюджетные фонды	10,93	1,8
Накладные расходы	5,83	0,95
Прочие расходы	6,04	0,98
Себестоимость проекта	729,6	100,0

Исходя из данных Таблицы 25, можно сделать вывод, что затраты на реализацию технического проекта составят 729,6 тыс. руб. Около 90,4 % составят затраты на оборудование и 6 % – затраты на полную заработную плату исполнителям проекта.

7.3.5 Расчет годовых эксплуатационных затрат

Количество потребляемой электроэнергии, кВт/ч, в сутки принимаем исходя из паспортных данных приборов, отображенных в таблице 26.

Таблица 26 – Расчетная смета затрат технического проекта

Наименование прибора/технического средства автоматизации	Количество, потребляемой электроэнергии в сутки, кВт/ч
Теплосчетчик «ТЕРМОТРОНИК Т34»	1
Контроллер «ECL COMFORT 210»	1.5
Насосы GRUNDFOSS	2,5
Итого	5

Согласно приказу № 6 – 747 от 29.12.2015 по Томской области тариф на электроэнергию составляет $\tau_3 = 2,05$ руб./кВт·ч.

Оплата услуг по обслуживанию ИТП согласно заключенному договору на обслуживание составляет 5000 руб. в мес.

7.4 Расчет срока окупаемости

Для выполнения расчета срока окупаемости индивидуального теплового пункта, принимаем, что основным источником дохода является уменьшение количества энергии в Гкал, потребленное жителями дома за отопительный период. При установленном ИТП расчет оплаты ведется по показаниям прибора учета тепловой энергии, который фиксирует количество теплоты, потребляемое домом за определенный период времени. Разность между нормативным и фактическим расходом тепла будет являться показателем эффективности и выгодности установленного ИТП. Основные расходные показатели объекта автоматизации представлены в таблице 26.

Исходя из практики, в результате внедрения ИТП показатели потребляемой тепловой энергии уменьшились в среднем на 30% в месяц.

Тепловая нагрузка на отопление равняется 0,204 Гкал/ч., на ГВС примем равной 0,113 Гкал/ч. Стоимость 1 Гкал тепловой энергии примем согласно тарифу 1112,2 Руб./Гкал.

Зная часовую нагрузку на отопление, рассчитывается годовое потребление тепловой энергии за отопительный период.