

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
Кафедра «Системы автоматизации, автоматизированное управление  
и проектирование»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ С.В. Ченцов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ**

			старший преподаватель
Руководитель	_____	___06. 2021 г.	И.В. Солопко
Выпускник	_____	___06. 2021 г.	И.Р. Гринев
Нормоконтролер	_____	___06. 2021 г.	Т.А. Грудинова

Красноярск 2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Автоматизация теплоснабжения здания» содержит 58 страниц текстового документа, 16 иллюстраций, 22 таблицы, 20 использованных источников.

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ, ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ, ОПИСАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Объектом автоматизации является индивидуальный тепловой пункт.

Целью работы является построение компьютерной модели автоматизированной системы теплоснабжения на основе реально действующей в жилом здании для анализа поддержания температурного режима с помощью теплообменников.

Актуальность работы заключается в необходимости повышения эффективности регулирования системы теплоснабжения для стабилизации температуры в помещении, равной заданной температурному графику путем регулирования расхода теплоносителя во избежание переохлаждения системы и взрыва батареи.

В бакалаврской работе решены следующие задачи:

- 1) Изучена система теплоснабжения здания и рассмотрены технологические параметры, которые необходимо управлять и регулировать для стабильности теплоснабжения.
- 2) Описаны средства автоматизации, построена функциональная схема автоматизации системы теплоснабжения
- 3) Разработана модель визуализации автоматизированной системы теплоснабжения в SimInTech, смоделировано регулирование и поддержание температурного режима в жилом помещении за счет давления в нагревательных элементах.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Описание объекта автоматизации .....	6
1.1 Техническая характеристика объекта.....	11
1.2 Отопление .....	13
1.3 Общие сведения об ИТП.....	17
1.4 Основное технологическое оборудование .....	18
1.4.1 Циркуляционный насос системы отопления.....	18
1.4.2 Циркуляционный насос системы ГВС .....	18
1.4.3 Подпиточный насос системы отопления.....	19
1.4.4 Теплообменник системы отопления.....	19
1.4.5 Теплообменник системы ГВС.....	24
2 Описание средств автоматизации .....	31
2.1 Технические средства автоматизации .....	31
2.1.1 Выбор контроллера.....	31
2.1.2 Регулирующий клапан.....	33
2.1.3 Регулятор перепада давления.....	34
2.1.4 Датчики температуры.....	35
2.2 Основные параметры.....	44
2.2.1 Выбор регулируемых величин и каналов внесения регулирующих воздействий.....	44
2.2.2 Выбор контролируемых и сигнализируемых величин .....	44
3 ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ .....	46
3.1 Выбор среды моделирования.....	46
3.2 Создание модели автоматизированной системы теплоснабжения здания в SimInTech.....	47
3.3 Расчет температуры воды на «подаче» и «обратке» в зависимости от температуры наружного воздуха.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	57

## ВВЕДЕНИЕ

Теплоснабжение — система обеспечения теплом зданий и сооружений, предназначенная для обеспечения теплового комфорта для находящихся в них людей или для возможности выполнения технологических норм.

Электрическое отопление – это вид отопления, при котором обогрев помещений и поддержание в них заданной температуры обеспечиваются электрическими отопительными приборами, преобразующими электрическую энергию в тепловую. Наиболее распространены отопительные приборы, нагревательным элементом которых служит проводник с большим электрическим сопротивлением: открытый, непосредственно соприкасающийся с нагреваемым воздухом (например, в электрокаминах и рефлекторах), или закрытый, помещенный внутри электронагревателя обычно трубчатого типа и передающий тепло на поверхность отопительного прибора (радиатора) через циркулирующий в нём теплоноситель (например, жидкое масло). Приборы с закрытым нагревательным элементом исключают возможность ожогов и пригорания пыли.

В современном строительстве находят применение отопительные приборы, в которых электрический ток нагревает теплоаккумулирующий материал; последний, в свою очередь, отдаёт тепло отапливаемому помещению. Такие приборы обычно потребляют электроэнергию в те часы суток, когда уменьшается её расход на другие нужды. В качестве теплоаккумуляционных отопительных приборов используют также строительные конструкции (например, железобетонные панели перекрытий), прокладывая в них электронагревательные кабели. В некоторых случаях для Э. о. применяют изделия из токопроводящей резины, токопроводящие обои и т. п.

Существенное преимущество электрического отопления перед другими видами отопления — простота и надёжность автоматического регулирования температуры, что позволяет более экономно расходовать

электроэнергию. Однако стоимость электроэнергии ещё достаточно высока, поэтому Э. о. в СССР широкого распространения не получило. [1]

#### Цель работы

Целью данной бакалаврской работы является построение компьютерной модели автоматизированной системы теплоснабжения на основе реально действующей в жилом здании для анализа поддержания температурного режима с помощью теплообменников.

#### Актуальность:

Необходимость повышения эффективности регулирования системы теплоснабжения для стабилизации температуры в помещении, равной заданной температурному графику путем регулирования расхода теплоносителя во избежание переохлаждения системы и взрыва батареи.

## 1 ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

В качестве объекта автоматизации был выбран многоквартирный жилой дом.

Система теплоснабжения состоит из следующих функциональных частей:

- источник производства тепловой энергии (котельная, ТЭЦ);
- транспортирующие устройства тепловой энергии к помещениям (тепловые сети);
- теплопотребляющие приборы, которые передают тепловую энергию потребителю (радиаторы отопления, калориферы).

По месту выработки теплоты системы теплоснабжения делятся на:

- централизованные (источник производства тепловой энергии работает на теплоснабжение группы зданий и связан транспортными устройствами с приборами потребления тепла);
- местные или децентрализованные (потребитель и источник теплоснабжения находятся в одном помещении или в непосредственной близости).

По роду теплоносителя в системе:

- водяные;
- паровые.

По способу подключения системы отопления к системе теплоснабжения:

- зависимые (теплоноситель, нагреваемый в теплогенераторе и транспортируемый по тепловым сетям, поступает непосредственно в теплопотребляющие приборы);
- независимые (теплоноситель, циркулирующий по тепловым сетям, в теплообменнике нагревает теплоноситель, циркулирующий в системе отопления).

По способу присоединения системы горячего водоснабжения к системе теплоснабжения:

- закрытая (вода на горячее водоснабжение забирается из водопровода и нагревается в теплообменнике сетевой водой);

- открытая (вода на горячее водоснабжение забирается непосредственно из тепловой сети).

Потребителями тепла системы теплоснабжения являются:

- теплоиспользующие санитарно-технические системы зданий (системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения);

- технологические установки.

По режиму потребления тепла в течение года различают две группы потребителей:

- сезонные, нуждающиеся в тепле только в холодный период года (например, системы отопления);

- круглогодичные, нуждающиеся в тепле весь год (системы горячего водоснабжения).

В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов теплопотребления различают три характерные группы потребителей:

- жилые здания (характерны сезонные расходы тепла на отопление и вентиляцию и круглогодичный — на горячее водоснабжение);

- общественные здания (сезонные расходы тепла на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха);

- промышленные здания и сооружения, в том числе сельскохозяйственные комплексы (все виды теплопотребления, количественное отношение между которыми определяется видом производства)

Одной из ключевых проблем теплоснабжения в Российской Федерации является снижение теплоотдачи отопительных приборов и теплообменных аппаратов из-за накопления окислов и солей металлов. В результате:

- Суммарные потери тепловой энергии в системе составляют до 30 %.

- Растут потери тепловой энергии и теплоносителя.

- Растут затраты электрической энергии на циркуляцию теплоносителя.

– Снижается КПД источника тепловой энергии из-за повышения температуры обратной воды.

– Сокращается нормативный срок эксплуатации внутридомовых тепловых сетей и оборудования с 30 до 10 лет.

В масштабах страны это приводит к вынужденным расходам на внеплановые капитальные ремонты на сумму более 23 млрд. руб. ежегодно. Основные требования к любой отопительной системе — надежность, долговечность, эффективность, экономичность. Новые, только смонтированные и испытанные системы централизованного и индивидуального отопления, работают без сбоев в соответствии с проектной мощностью. Как следствие, наблюдается недостаточная теплоотдача, увеличивается расход топлива и электроэнергии.

Практика показывает, что трубопроводы систем отопления в зданиях, где не проводятся профилактические работы более 10 лет, на 40-50 % забиты окислами и солями металлов. Накипь создает термическое сопротивление теплоносителю, что ведет к снижению теплоотдачи, а это, в свою очередь, приводит к ухудшению комфортных условий для проживания жильцов. Поскольку теплопроводность накипи в 40 раз ниже теплопроводности металла в системах отопления, отложения толщиной всего 1 мм снижают теплоотдачу на 15 %. Если процесс не остановить вовремя, произойдет выход из строя теплообменников, трубопроводов, отопительных приборов. Из всех существующих методов, связанных с профилактическими работами по поддержанию теплового оборудования в рабочем состоянии, в России традиционно, уже на протяжении десятилетий, применяются:

- дисперсная промывка
- механическая очистка
- химическая промывка
- гидравлическая промывка
- гидропневматическая промывка



Данные методы имеют достаточно низкий КПД и значительные ограничения по применению. Главное ограничение по применению состоит в том, что методы можно использовать только в межсезонный период, когда теплоноситель не подается в теплоцентрали. В среднем по России этот период длится всего 3-5 месяцев. В северных территориях России осенне-зимний период заканчивается в конце июня и начинается в середине сентября. Помимо усовершенствования метода промывки внутридомовых тепловых сетей и теплообменного оборудования большое значение имеет реагент, которым промывается объект. В настоящее время шлак удаляется при помощи химической промывки с использованием кислотных и щелочных реагентов. Помимо экологической опасности данные реагенты негативно влияют на трубы, так как вступают в реакцию с металлом, что приводит к его разрушению. [2]

В данной работе рассматривается индивидуальный тепловой пункт (ИТП) в многоквартирном жилом доме. ИТП реализует следующую схему теплоснабжения: двухтрубная система теплоснабжения, система отопления присоединяется по независимой схеме, а система горячего водоснабжения (ГВС) по закрытой схеме, показанная на рисунке 1.

Система теплоснабжения оборудована системой автоматического регулирования (САР) теплоснабжения.

САР позволяет:

- осуществлять погодную компенсацию в системе отопления и поддерживать постоянную температуру в системе ГВС.

Принятые технические решения предусматривают:

- установку циркуляционного насоса в систему отопления;
- установку теплообменников в систему отопления и ГВС;
- установку циркуляционного насоса в систему ГВС;
- установку подпиточного насоса на систему отопления;
- установку повысительного насоса на систему ГВС в летний период;

- автоматическое регулирование тепловой энергии в систему теплоснабжения;
- визуальный контроль основных технологических параметров работы узлов ГВС и отопления. [3]

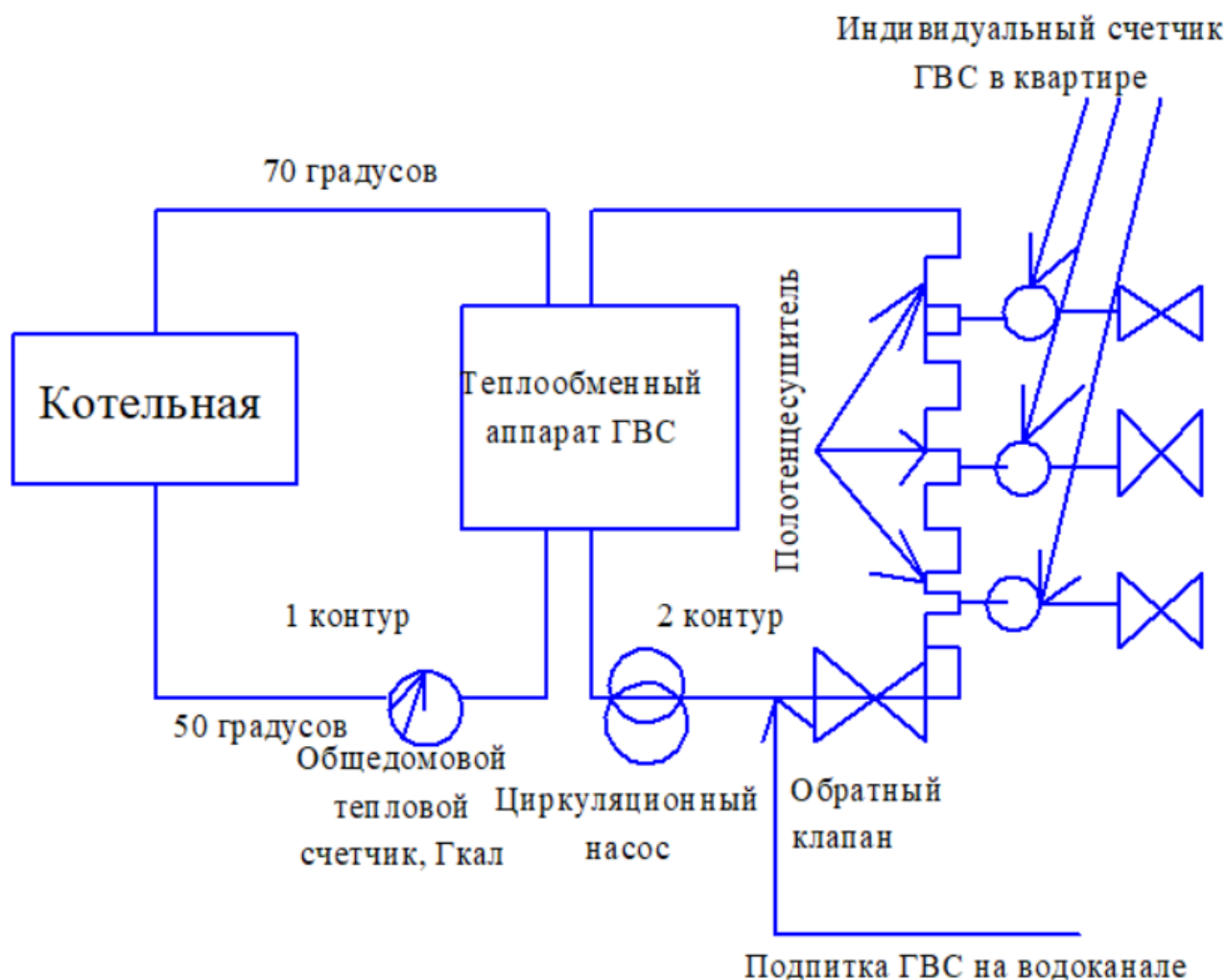


Рисунок 1 – Схема закрытой системы ГВС

Контроль технологических параметров теплоносителем осуществляется при помощи показывающих манометров и термометров, устанавливаемых непосредственно на трубопроводах ИТП, показанных на рисунке 2.



Рисунок 2 – Трубопровод ввода теплосети в жилое здание

### **1.1 Техническая характеристика объекта**

Рабочая документация разработана в соответствии с проектной, имеющей положительные экспертизы, и на основании нормативных документов:

- СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
- СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»

- СП 112.13310.2012 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
- СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов»
- СП 7.1310.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования»
- СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
- СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения»
- ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении»

Расчетные параметры наружного воздуха приняты в соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» и составляют:

- $t^{\text{вн}}$  воздуха для проектирования в холодный период:  $-37^{\circ}\text{C}$ ;
- $t^{\text{вн}}$  воздуха для проектирования в теплый период:  $+23^{\circ}\text{C}$ ;
- $t^{\text{отоп}}$  отопительного периода:  $-6,7^{\circ}\text{C}$ ;
- продолжительность отопительного периода 233 суток.

Источником теплоснабжения жилого дома со встроенными общественными помещениями является ТЭЦ-2. Подключение производится в тепловую сеть АО «КТК».

Температура теплоносителя в точке подключения:

- $t^{\text{п}}$  в подающем трубопроводе  $150^{\circ}\text{C}$ ;
- $t^{\text{об}}$  в обратном трубопроводе  $70^{\circ}\text{C}$ ;
- фактические параметры:  $P_{\text{п}} = 9,0 \text{ кгс/см}^2$ ,  $P_{\text{об}} = 6,5 \text{ кгс/см}^2$

Согласно технических условий, подключение систем теплоснабжения жилого дома осуществляется по следующей схеме:

- отопление – по независимой схеме;
- ГВС – по закрытой схеме (летом – тупиковой).

Расчетный температурный график воды (внутренний контур):

- для систем отопления  $90-65^{\circ}\text{C}$ ;
- для систем ГВС -  $65^{\circ}\text{C}$ .

Ввод тепловых сетей для теплоснабжения жилого дома осуществляется в расположенной на отметке минус 2,550. На вводе тепловых сетей в здание общий учет тепловой энергии на дом, в качестве прибора учета тепловой энергии в помещении используются теплосчетчики с ультразвуковыми расходомерами. От ИТП схемы теплоснабжения проходят транзитом под потолком до технического помещения. [4]

## **1.2 Отопление**

Для поддержания требуемых параметров внутреннего воздуха в холодный период года, предусматривается устройство водяного и электрического отопления. В рассматриваемом жилом доме применяется водяное отопление.

### **Водяное отопление**

В жилой части здания приняты однотрубные стояковые системы отопления с нижней разводкой магистральных трубопроводов, проложенных по техническому подвалу ((нижняя зона – системы с верхней разводкой подающего трубопровода, проложенного по техническому этажу и нижней магистралью, проложенной по техническому подвалу (верхняя зона – системы СО14 и СО16)).

Теплоносителем для систем отопления является вода.

В качестве нагревательных приборов приняты:

- стальные конвекторы средней глубины «Универсал-ТБ-С», установленные в жилых домах, лестничных клетках и лифтовых холлах, а также в некоторых встроенных помещениях;

- стальные конвекторы средней глубины и малой высоты «Универсал-ТБ-С Мини» на 1 этаже под окнами встроенных помещений общественного назначения;

- регистр из стальных электросварных труб по ГОСТ 10704-91, установленный на баке мусорокамеры.

Для регулирования теплоотдачи и возможности отключения нагревательных приборов в жилых помещениях, на подводках установлены терморегуляторы и шаровые краны. На отопительных приборах, расположенных в лифтовом холле, лестничной клетке и помещении мусорокамеры, регулирующая и запорная задвижка устанавливаются. Отопительные приборы в лестничных клетках установлены на высоте 2 м. В тамбуре на 1 этаже отопительные приборы установлены над полом. В лифтовом холле уровень отопительных приборов на 2 м выше уровня пола.

Удаление воздуха осуществляется из высших точек через краны Маевского, установленные на винтовой части стояка.

Для поддержания гидравлического баланса в системах отопления на стояках установлены регулирующие клапаны с автоматическим ограничением расхода и встроенной функцией компенсации давления AQT фирмы «Данфосс».

Компенсация температурных удлинений на обратных трубопроводах стояков системы отопления осуществляется с помощью сильфонных компенсаторов типа ARF фирмы «Данфосс». Монтаж следует вести в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Для поквартирного учета тепла предусмотрена установка радиаторного распределителя. Радиаторный распределитель тепла предназначен для измерения относительного количества тепловой энергии, отдаваемого поверхностью каждого отопительного прибора для отопления здания. На основе показаний распределителей тепла и показаний общедомового счетчика производится расчет абсолютной доли затрат каждого индивидуального потребителя при общедомовом потреблении тепловой энергии.

Трубопроводы систем отопления приняты из стальных водозаборных труб по ГОСТ 10704-91, проложенных с уклоном к сборно-распределительному коллектору. В качестве антикоррозийного покрытия принято комплексное

полиуретановое покрытие. Грунтовочный слой мастики «Вектор 1236» наносится в 2 слоя по ТУ5775-002-17045751-99, другой слой мастики «Вектор-1214» в один слой по ТУ5775-003-17045751-99. [5]

## **Вентиляция**

Для обеспечения требуемых санитарно-гигиенических параметров воздуха в жилых помещениях, в соответствии с действующими нормативными документами, предусматривается устройство систем вентиляции с естественным и механическим побуждением.

Воздухообмен принят:

- по нормам вытяжки от санитарных приборов;
- по нормативной кратности, в зависимости от назначения помещений;
- по расчету на ассимиляцию тепловыделений (для машинного помещения);
- по нормам подачи наружного воздуха на 1 человека.

Удаление воздуха из санузлов, ванных комнат и кухонь осуществляется системами с механическим побуждением с установкой бытовых вентиляторов. В качестве вентагрегатов приняты осевые вентиляторы фирмы «ВЕНТС» с установкой обратных клапанов. Для регулирования потока воздуха перед вентилятором предусматривается установка регулируемой решетки.

Выброс воздуха в атмосферу осуществляется через теплый чердак при помощи вытяжной шахты, на высоте не менее 4,5 м от пола чердака.

Естественная вытяжная вентиляция принята:

- через решетку в стене машинного помещения лифтов, рассчитанная на ассимиляцию теплоизбытков в помещении;
- для помещения узла ввода и ИТП, расположенного на отметке -2,550, предусмотрены решетки в противоположных стенах, над полом и под потолком;
- для электрощитовой, расположенной на первом этаже, предусмотрен отдельный вытяжной вентканал ВЕЗ;

- для вентиляции технического подвала предусмотрена вытяжная шахта ВЕ1 с выбросом вытяжного воздуха на 1 м выше кровли;

- вентиляция мусорокамеры предусмотрена через индивидуальный канал ВЕ2 с выбросом вытяжного воздуха на 1 м выше кровли;

- вентиляция мусоропровода предусмотрена через ствол мусоропровода, над которым располагается вентиляционный узел и состоит из вентиляционного канала, заслонки для перекрытия канала при санобработке ствола мусоропровода, дефлектора, элемента уплотнения прохода канала через кровлю здания (гильзу и фартук).

Для помещения КУИ, расположенного на 1 этаже, предусмотрена механическая вентиляция. В качестве вытяжной установки принят бытовой вентилятор с обратным клапаном, установленный в помещении КУИ. Удаление вытяжного воздуха осуществляется в отдельный от жилой части вентиляционный канал.

Проектом предусмотрена возможность подключения вытяжных вентиляционных систем некоторых КДУ, для чего в шахте лестничного узла предусмотрена прокладка транзитного воздухопровода. К указанному воздухопроводу возможно подключение вытяжных систем КДУ суммарным расходом до  $3500 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Проходящие через электрощитовую воздухопроводы КДУ должны быть соединены на сварке, не иметь ответвлений и проложены в огнезащитном покрытии до достижения предела огнестойкости EI30. [6]

### **Противодымовая защита**

Для обеспечения противопожарных требований в проекте предусмотрена приточно-вытяжная противодымная вентиляция с механическим побуждением. Приняты системы дымоудаления и подпора воздуха.

### **Дымоудаление**



Дымоудаление принято из поэтапных коридоров жилого дома. Для систем дымоудаления принят радиальный вентилятор дымоудаления фирмы «ВЕЗА» с пределом огнестойкости  $2ч/400^{\circ}\text{C}$ . Дымоудаление осуществляется непосредственно через нормально закрытые клапаны дымоудаления КЭД-03 фирмы «ВЕЗА» с электроприводом, пределом огнестойкости не менее EI30. Клапаны установлены не ниже 2,1 м от пола. [7]

### 1.3 Общие сведения об ИТП

ИТП выполнен на основании условий подключения, выданных энергоснабжающей организацией ООО «КрасКом» в соответствии с СП 41-101-95 «Проектирование тепловых пунктов», СП 60-13330-2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Расчетные параметры наружного воздуха для расчета ИТП:

- $t^{\circ}$  наружного воздуха  $-37^{\circ}\text{C}$ ;
- продолжительность отопительного периода 233 дня.

Узел учета тепловой энергии расположен на вводе трубопроводов теплоснабжения в здание в осях А-В, 4-6. ИТП многоэтажного жилого дома располагается на вводе трубопроводов теплоснабжения в помещение ИТП в осях К-П, 6-7. Источник теплоснабжения – «Красноярская ТЭЦ-2».

Теплоносителем является вода с параметрами  $150/70^{\circ}\text{C}$ , давление теплоносителя на вводе  $7,8/6,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ . Система теплоснабжения – двухтрубная, закрытая. Подключение системы отопления к тепловым сетям осуществляется по независимой схеме через теплообменник, системы ГВС по закрытой схеме через теплообменник. Расчетные параметры теплоносителя в системе отопления  $95/68^{\circ}\text{C}$ , в системе ГВС  $65^{\circ}\text{C}$ . ГВС в зимний и летний периоды осуществляется от теплообменника. [8]

## 1.4 Основное технологическое оборудование

### 1.4.1 Циркуляционный насос системы отопления

Расчетный расход  $M/ч$  при внутреннем графике системы отопления 95/68 °C и максимальном расходе на отопление 397,0087 кВт составляет:

$$G_0 = \frac{3,6 * Q}{(t_1 - t_2) * C} = \frac{3,6 * 397,0017}{(95 - 68) * 4,186} = 12,6 \text{ M/ч} \quad (1)$$

Напор насоса складывается из потерь напора в системе (6 м.вод.ст.) и на балансировочных клапанах распределительной гребенки (1,2 м.вод.ст), потерь напора на фильтре (0,13 м.вод.ст.), потерь напора в теплообменнике (2,97 м.вод.ст.). Необходимый напор составляет 10,3 м.вод.ст. Таким характеристикам соответствует насос фирмы «Grundfos» UPSD 65-180F. Технические характеристики насоса приведены в таблице 8.

### 1.4.2 Циркуляционный насос системы ГВС

Циркуляционный насос устанавливается в циркуляционный трубопровод системы ГВС. Расчетный расход составляет:

$$G_{\text{ГВС}} = 3,6 * \left( \frac{Q_{\text{ГВС}}}{\Delta t} \right) * C = 3,6 * \left( \frac{65}{5} \right) * 4,186 = 1,10 \text{ M/ч} \quad (2)$$

Циркуляционный расход горячей воды в системе ГВС в соответствии принимаем равным 40% от расчетного расхода:

$$G = G_{\text{ГВС}} * 0,4 = 1,10 * 0,4 = 0,44 \text{ M/ч} \quad (3)$$

Напор насоса складывается из потерь напора в системе (7,64 м.вод.ст.), потерь напора на фильтре (0,13 м.вод.ст.) и потерь напора в теплообменнике (0,83 м.вод.ст.). Необходимый напор составляет 8,6 м.вод.ст. Таким

характеристикам соответствует насос фирмы «Grundfos» UPS 32-100. Технические характеристики насоса приведены в таблице 8.

#### 1.4.3 Подпиточный насос системы отопления

При отсутствии необходимого давления в обратном трубопроводе отопления, достаточным для поддержания необходимого давления в контуре системы отопления (70 м.вод.ст.) на линии подпитки предусматривается установка насоса подпитки.

Объем системы отопления – 6270 л. Необходимая производительность подпиточного насоса, согласно СП 41.101-95, составляет 20%.

$$G_{\text{н}} = 20\% * 6270 \text{ л} = 1,25 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4)$$

Необходимый напор насоса составляет 10 м.вод.ст.

Таким характеристикам соответствует насос фирмы «Grundfos» CME 1-3. Технические характеристики насоса приведены в таблице 8.

#### 1.4.4 Теплообменник системы отопления

Потери тепла трубопроводами системы теплоснабжения вычисляются по формуле:

$$Q^{ht} = \sum Q_i^{ht} \quad (5)$$

$$Q_i^{ht} = k * dT * l = k * (T_{\text{ср}} - T_{\text{нар}}) * l, \quad (6)$$

где  $Q_i^{ht}$  – теплотери отдельных участков теплоснабжения, Вт;

$k$  – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м°C);

$dT$  – температурный напор, °С;

$T_{\text{ср}}$  – средняя температура воды в трубопроводе, °С; °

$T_{\text{нар}}$  – температура окружающего воздуха, °С;

$l$  – длина участка трубопровода, м.

Расчет потерь температуры в трубопроводах системы теплосети определяется по формуле:

$$T_3 = \frac{3,6 * Q_{уч} * T_2 - Q_i^{ht} * (\frac{1}{1,163})}{3,6 * Q_{уч}}, \quad (7)$$

где  $Q_{уч}$  – расчетный расход воды на участке трубопровода, л/с;  
 $Q_i^{ht}$  – теплопотери участка трубопровода с учетом изоляции, Вт;  
 $T_2$  – начальная температура теплоносителя, °С;  
(1/1,163) – коэффициент перевода. 1 ккал/ч = 1,163 Вт.

Расчёт потери давления на участке трубопровода известной длины выполняется следующим образом:

$$\Delta P = RL (1 + k_m), \quad (8)$$

где  $\Delta p$  – потеря давления в метрах водяного столба. Такая характеристика применима ввиду того, что изменяется давление воды в её потоке;  
 $R$  – удельные потери давления на 1 м длины трубопровода, Па/м;  
 $L$  – длина трубопровода в метрах, м;  
 $K$  – коэффициент дополнительных сопротивлений по (СНиП II-34–76)

## Пластинчатый теплообменник, разборный FP-22-33-1-ЕН

Таблица 1 – Технические данные

Технические данные	Единица измерения	Греющая сторона		Нагревательная сторона	
Массовый расход	кг/с	1,58		3,52	
Объемный поток	м <sup>3</sup> /ч	5,928		13,060	
Температура на входе	°С	130		68	
Температура на выходе	°С	70		95	
Рабочее давление	бар	0		0	

Таблица 2 – Физические свойства

Физические свойства	Единица измерения	Греющая сторона		Нагревательная сторона	
		Вход	Выход	Вход	Выход
Динамическая вязкость	сР	0,211	0,404	0,416	0,296
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	936,2	976,4	977,4	961,7
Теплоемкость	kJ/kgK	4,240	4,174	4,173	4,189
Теплопроводность	W/mK	0,666	0,649	0,648	0,658

Таблица 3 – Характеристики аппарата

Характеристики	Единица измерения	Греющая сторона		Нагревательная сторона	
		Вход	Выход	Вход	Выход
Тепловая мощность	кВт	-	397	-	-
Поверхность теплообмена	ml	-	6,51	-	-
Лог./эфф. разница температур	К	-	11,53 / 11,53	-	-
Коэфф. теплопередачи треб./имеющ.	$W/mlk$	-	5289/6661	-	-
Коэфф. загрязнения	$mlk/W$	-	0,0000389	-	-
Запас поверхности	%	-	25,94	-	-
Потери давления	mWs	0,653	-	-	2,970
Скорость в канале	$m/s$	0,18/0,29	-	-	0,39/0,65
Скорость в присоединении	$m/s$	0,71	-	-	2
Количество проходов	-	1	-	-	1
Общее количество пластин	-	-	33	-	-
Тип канала	-	-	10*HH+6*HL	-	-

Таблица 4 – технические характеристики

Описание	Значение
Наименование продукта	СМЕI 1-3 A-R-A-E-AVBE
№ продукта	98394763
EAN номер	5711494277742
Цена	По запросу
Технические:	
Частота вращения	3480 об/мин
Текущий рассчитанный расход	1,25 м <sup>3</sup> /ч
Общий гидростатический напор насоса	20,1 м
Рабочие колеса	3
Уплотнение вала	AVBE
Данные на фирменной табличке	CE, TR
Допуск на рабочие характеристики	ISO 9906, 1999 Annex A
Исполнение насоса	A
Модель	A
Материалы:	
Корпус насоса	Чугун EN-JL 1030, AISI 30 B
Рабочее колесо	Нержавеющая сталь DIN W.-Nr. 1.4301, AISI

	304
Код материала	A
Резина	EPDM
Код резины	E
Монтаж:	
Максимальная температура окружающей среды	40 °C
Максимальное рабочее давление	10 бар
Максимальное давление при заданной температуре	6 бар / 90 °C
Стандартный фланец	Без резьбы RP
Код соединения	R
Ввод насоса	Rp 1
Вывод насоса	Rp 1
Жидкость:	
Рабочая жидкость	Вода
Диапазон температур жидкости	-20...90 °C
Температура жидкости	60 °C
Плотность	983,2 кг/м <sup>3</sup>
Кинематическая вязкость	1 мм <sup>2</sup> /с
Данные электрооборудования:	
Тип электродвигателя	71A
Номинальная мощность - P <sub>2</sub>	0,56 кВт
Промышленная частота	50 Гц
Номинальное напряжение	1*200-240 В
Номинальный ток	3,40-2,90 А
Номинальная скорость	360-4000 об/мин
Класс защиты (IEC 34-5)	IP65
Класс изоляции (IEC 85)	F
Другое:	
Маркировка	Grundfos Blueflux
Минимальный показатель эффективности, MEI 2	0.7
Вес нетто	13,1 кг
Полный вес	16,6 кг
№ структурного файла	98498325

#### 1.4.5 Теплообменник системы ГВС

Схему присоединения теплообменника ГВС выбираем двухступенчатую (согласно п. 3.14 СП 41.101-95), т.к. соотношение нагрузки на ГВС к нагрузке на отопление равно 0,64. [9]

Пластинчатый теплообменник, разборный FP 16-27-1-ЕН

Таблица 5 – Технические данные

Технические данные	Единица измерения	Греющая сторона	Нагревательная сторона
Массовый расход	кг/с	2,90	1,02
Объемный поток	м <sup>3</sup> /ч	10,560	3,690
Температура на входе	°С	45,5	5
Температура на выходе	°С	33,16	40
Рабочее давление	бар	0	0

Таблица 6 – Физические свойства

Физические свойства	Единица измерения	Греющая сторона		Нагревательная сторона	
		Вход	Выход	Вход	Выход
Динамическая вязкость	сР	0,593	0,747	1,431	0,655
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	988	992,9	1001	990,3
Теплоемкость	kJ/kgK	4,175	4,181	4,207	4,177
Теплопроводность	W/mK	0,638	0,631	0,614	0,635

Таблица 7 – Характеристики аппарата



Характеристики	Единица измерения	Греющая сторона		Нагревательная сторона	
		Вход	Выход	Вход	Выход
Тепловая мощность	кВт	-	149,5066	-	-
Поверхность теплообмена	ml	-	3,75	-	-
Лог./эфф. разница температур	К	-	13,88 / 13,88	-	-
Коэфф. теплопередачи треб./имеющ.	$W/mlk$	-	2878 / 3513	-	-
Коэфф. загрязнения	$mlk/W$	-	0,0000628	-	-
Запас поверхности	%	-	22,07	-	-
Потери давления	mWs	1,182	-	-	0,186
Скорость в канале	$m/s$	0,28/0,66	-	-	0,1 / 0,22
Скорость в присоединении	$m/s$	1,26	-	-	0,57
Количество проходов	-	1	-	-	1
Общее количество пластин	-	-	27	-	-
Тип канала	-	-	6*HH+7*LL	-	-

## Технические характеристики основного оборудования

Таблица 8 – Насосное оборудование

Место установки	Обратный трубопровод отопления	Циркуляционный трубопровод ГВС	Трубопровод подпитки	Трубопровод ГВС (повысительный)
Тип	UPSD 65-180F	UPS 32-100	СМЕ 1-3	СМЕ 5-3
Способ установки	Безфундаментный	безфундаментный	на фундаменте	на фундаменте
Количество	2 (1-резервный)	1	1	1
Изготовитель	Grundfos	Grundfos	Grundfos	Grundfos
Мощность, Вт	1550	345	550	1100
Произв-ность, М/ч	12,6	0,44	1,25	3,65
Напор, м.вод.ст	10,3	8,6	10	24

Таблица 9 – Электропривод

Тип	AMV-35	AMV-35
Система	Отопление	ГВС
Питающее напряжение	230В	230В
Частота тока	50/60 Гц	50/60 Гц
Принцип управления	трехпозиционный	трехпозиционный
Управление вручную	да	да
Развиваемое усилие	600 Н	600 Н
Время перемещения штока на 1 мм	3 сек	3 сек
Рабочая температура окружающей среды	0-55 °С	0-55 °С
Масса с клапаном	1,55 кг	1,55 кг

Таблица 10 – Температурный график отопления

$T_{н.в.}$	$T_1$	$T_2$	$T_3(105)$				
8	74	48	59,5	-15	103,8	54,6	76,4
7	74	47,6	59,2	-16	105,9	55,4	77,8
6	74	47,1	59	-17	108	56,1	79,1
5	74	46,7	58,7	-18	110,2	56,9	80,4
4	74	46,3	58,5	-19	112,3	57,6	81,8
3	74	45,8	58,3	-20	114,4	58,3	83,1
2	74	45,4	58	-21	116,6	59	84,4
1	74	44,9	57,7	-22	118,7	59,7	85,7
0	74	44,5	57,5	-23	120,8	60,5	87
-1	74	44,1	57,3	-24	122,9	61,2	88,3
-2	75,2	44,4	58,3	-25	125	61,9	89,7
-3	77,5	45,2	59,7	-26	127,1	62,6	90,9
-4	79,7	46	61,1	-27	129,2	63,3	92,2
-5	81,9	46,8	62,6	-28	131,3	63,9	93,5
-6	84,1	47,7	64	-29	133,4	64,6	94,8
-7	86,4	48,5	65,4	-30	135	65,1	95,7
-8	88,6	49,3	66,8	-31	135	64,5	95,3
-9	90,7	50	68,2	-32	135	64,2	95,2
-10	92,9	50,8	69,6	-33	135	63,8	95
-11	95,1	51,6	71	-34	135	63,4	94,7
-12	97,3	52,4	72,3	-35	135	62,7	94,5
-13	99,4	53,1	73,7	-36	135	62,2	94,1
-14	101,6	53,9	75,1	-37	135	61,8	93,8

На рисунке 3 изображена зависимость температуры сетевой воды от температуры наружного воздуха.  $t_{с.в.} = 0...150$  °С,  $t_{н.в.} = +8...-37$  °С. На графике представлены:  $T_1$  – температура сетевой воды в прямом трубопроводе,  $T_2$  – температура сетевой воды в обратном трубопроводе,  $T_3$  (105) – конвектор. На представленном графике видно, что  $T_1$  при  $t_{н.в.} = +8$  °С равна 74 °С, то при понижении  $t_{н.в.}$  до  $-37$ °С она повысилась до 135 °С.  $T_2$  при  $t_{н.в.} = +8$  °С равна 49 °С сначала уменьшилась до 44 °С, а затем при  $t_{н.в.} = -37$ °С она незначительно повысилась до 55 °С.  $T_3$  (105) при  $t_{н.в.} = +8$  °С сначала уменьшилась до 58 °С, а затем при  $t_{н.в.} = -37$ °С она повысилась до 95 °С.

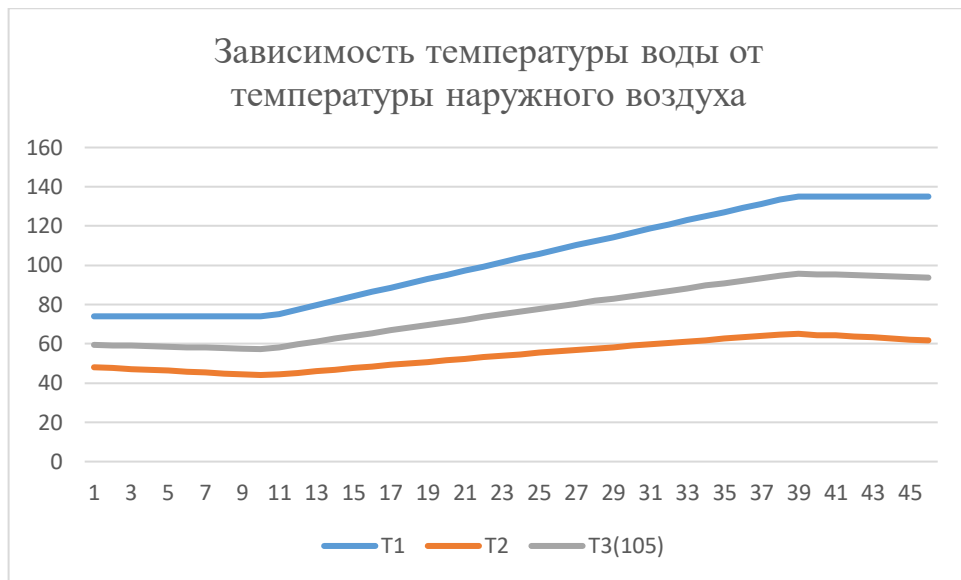


Рисунок 3 – Зависимость температуры сетевой воды от температуры наружного воздуха

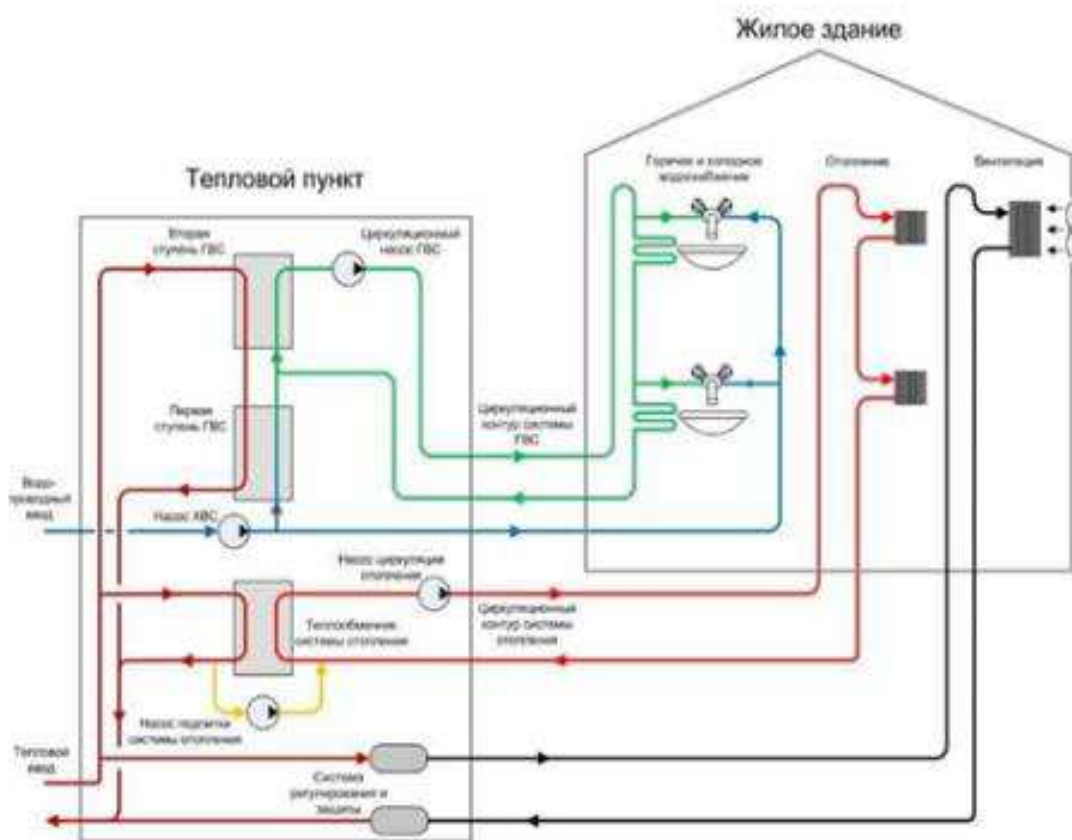


Рисунок 4 – Схема общего вида теплоснабжения жилого здания

Таблица 11 - Эксплуатационные параметры теплоносителя

№	Параметры	Единицы измерения	Значение
1	Расчетный объемный (массовый) расход: Отопление (150/70°C) Отопление (95/68°C) ГВС (65/5°C)	М/ч	4,4 12,6 3,65
2	Расход тепловой энергии, согласно проектов ОВ, ВК: - отопление - ГВС макс. - ГВС среднечасовая	Гкал/ч (кВт)	0,341360 (397,0017) 0,219120 (254,8366) 0,066248 (77,0464)
3	Расчетное избыточное давление измеряемой среды: - в подающем трубопроводе (т/п) - в обратном т/п Фактическое избыточное давление измеряемой среды: - в подающем т/п - в обратном т/п	кгс/см <sup>2</sup>	8,8 7,5  7,8 6,5
4	Расчетный температурный график тепловой сети: Отопление I контур: - в подающем т/п - в обратном т/п II контур: - в подающем т/п - в обратном т/п - ГВС	°С	150 70  95 70 65

Выводы по главе 1:

- 1) Изучена система теплоснабжения здания
- 2) Рассмотрены технологические параметры, которые необходимо управлять и регулировать для стабильности теплоснабжения

Целью бакалаврской работы является построение компьютерной модели автоматизированной системы теплоснабжения на основе реально действующей в жилом здании для моделирования управления поддержанием определенного температурного режима с помощью теплообменников, обогреваемых водой.

Для достижения поставленной цели работы необходимо выполнить следующие задачи:

- описать применяемые средства автоматизации и рассмотреть функциональную схему автоматизации теплоснабжения здания;
- разработать модель визуализации автоматизированной системы теплоснабжения в SimInTech ;
- смоделировать регулирование и поддержание температурного режима в жилом помещении за счет давления в нагревательных элементах

## **2 ОПИСАНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ**

Средства автоматизации, с помощью которых будет осуществляться управление процессом, должны быть выбраны технически грамотно и экономически обоснованно и обусловлены характером технологического процесса.

Конкретные типы автоматических устройств выбирают с учётом особенностей объекта управления и принятой системы управления, а так же требования к качеству контроля и регулирования.

Система теплоснабжения жилого дома оборудована системой автоматического регулирования теплопотребления...регулировку систем до расчетных параметров.

Автоматический контроль и стабилизация некоторых параметров теплового процесса сыграли в свое время большую роль в деле повышения производительности и экономичности работы теплоснабжения. Контрольно-измерительная аппаратура, установленная на теплообменниках, позволяет получить доступную для измерения рабочую информацию о технологическом процессе, а также о состоянии теплообменников и вспомогательного оборудования. [12]

### **2.1 Технические средства автоматизации [13]**

#### **2.1.1 Выбор контроллера**

В проектируемой схеме необходимо поддерживать температуру воды в двух контурах: в контуре системы отопления в соответствии с температурным графиком 95/68 °С и в контуре ГВС на уровне 65 °С. Для такого регулирования выбираем контроллер ECL Comfort 210 с ключом программирования A266 фирмы «Danfoss», который осуществляет погодную компенсацию температуры теплоносителя в системе отопления и поддерживает постоянную температуру воды в системе ГВС. Кроме функций регулирования, регулятор позволяет:

- осуществлять управление системой отопления с коррекцией по температуре воздуха в помещении (при установке комнатного датчика);
- обеспечивать недопустимость превышения, заданного температурным графиком значения температуры теплоносителя, возвращаемого в теплотель после контура отопления, и постоянного значения после контура ГВС;
- программировать снижение температуры воздуха в помещении и горячей воды в системе ГВС по часам суток и дням недели;
- автоматически отключать систему отопления на летний период при переходе температуры наружного воздуха определенной границы;
- периодически включать электроприводы насоса и регулирующего клапана во время летнего отключения системы отопления;
- защищать систему отопления от замораживания.

Таблица 12 – Контроллер

Тип	ECL 210 с ключом программирования A266
Температура окружающей среды	0-50 °С
Температура хранения и транспортировки	-40...+70 °С
Корпус	Для настенного или щитового монтажа
Тип датчика	Pt1000 Ом/°С
Класс защиты корпуса	IP41 DIN 40050
Напряжение питания	230В, 50/60 Гц
Колебания напряжения	207...244В
Потребляемая мощность	8 Вт



### 2.1.2 Регулирующий клапан

На обратном т/п от теплообменника системы отопления предусматривается установка регулирующего клапана.

Расчетный расход ( $\text{М}^3/\text{ч}$ ), при отопительном графике 130/70 °С и максимальном расходе на отопление 397,0087 кВт составляет:

$$G = \frac{3,6*Q}{(t_1-t_2)*C} = \frac{3,6*397,0087}{(130-70)*4,186} = 5,7 \text{ М}^3/\text{ч} \quad (9)$$

Для регулирования выбираем седельный проходной клапан фирмы «Danfoss». Падение давления на клапане ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ), принимаем равным 3,5 м.вод.ст. Тогда необходимая пропускная способность полностью открытого клапана ( $\text{М}^3/\text{ч}$ ), равна:

$$K_v = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{5,7}{\sqrt{0,35}} = 9,63 \quad (10)$$

С учетом коэффициента 1,2 выбираем клапан с ближайшим большим  $K_{vs}$  – клапан типа VF52 с  $K_{vs} = 16 \text{ М}^3/\text{ч}$  ( $D_y = 32 \text{ мм}$ ). Расчетное падение давления на данном клапане составляет  $\Delta P = 1,3 \text{ м.вод.ст.}$  Выбираем электропривод типа AMV-35.

Таблица 13 – Регулирующий клапан

Тип	VFS2	VFS2
Регулируемая система	отопление	ГВС
Характеристика регулирования	двойная	двойная
$K_{vs}, \text{М}^3/\text{ч}$	16 ( $D_y = 32 \text{ мм}$ )	16 ( $D_y = 32 \text{ мм}$ )

Условное давление ( $P_y$ ), бар	25	25
Протечка	Не более 0,05% от $K_{vS}$	Не более 0,05% от $K_{vS}$
Относительный диапазон регулируемости	50:1	50:1
Регулируемая среда	Вода, пар	Вода, пар

### Регулирующий клапан системы ГВС

На подающем трубопроводе к теплообменнику предусматривается установка регулирующего клапана. Расчетный расход ( $M^3/ч$ ), при графике 70/40 °С и максимальном расходе на ГВС 254,8366 кВт составляет:

$$G = \frac{3,6 \cdot Q}{(t_1 - t_2) \cdot C} = \frac{3,6 \cdot 254,8366}{(70 - 40) \cdot 4,186} = 7,3 \text{ M}^3/\text{ч} \quad (11)$$

Для регулирования выбираем седельный проходной клапан фирмы «Danfoss». Падение давления на клапане ( $K_{гс}/\text{см}^2$ ), принимаем равным 3 м.вод.ст. Тогда необходимая пропускная способность полностью открытого клапана ( $M^3/ч$ ):

$$K_v = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{7,3}{\sqrt{0,3}} = 13,5 \quad (12)$$

С учетом коэффициента 1,2 выбираем клапан с ближайшим большим  $K_{vS}$  – клапан типа VF52 с  $K_{vS} = 16 \text{ M}^3/\text{ч}$  ( $D_y = 32 \text{ мм}$ ). Расчетное падение давления на данном клапане составляет  $\Delta P = 2,1 \text{ м.вод.ст}$ . Выбираем электропривод типа AMV-35.

#### 2.1.3 Регулятор перепада давления

Для стабилизации гидравлических режимов системы теплоснабжения, а также для гидравлической увязки на ИТП предусматривается установка регулятора перепада давлений. При расчетном

расходе на отопление и ГВС  $G = 13$  м<sup>3</sup>/ч и падении давления на клапане, равным 9,865 м.вод.ст., необходимая пропускная способность клапана составляет:

$$K_v = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{13}{\sqrt{0,9865}} = 13,1 \quad (13)$$

С учетом коэффициента 1,2 выбираем регулятор перепада давления с ближайшим большим  $K_{vs}$  – типа DA-616 для установки на подающем т/п с  $K_{vs} = 32$  м<sup>3</sup>/ч ( $D_y = 50$  мм). Диапазон регулирования данного регулятора составляет 0,15 – 0,16 бар (15 – 60 кПа). Настройку клапана выбираем 0,3153 кПа. [14]

Таблица 14 – Регулятор перепада давления

Тип	DA-616
$K_{vs}$ , м <sup>3</sup> /ч клапана	32 ( $D_y = 50$ мм)
Условное давление $P_y$ , бар	25
Максимальная температура, °С	150
Диапазон регулирования, кПа	15-60
Регулируемая среда	Вода

#### 2.1.4 Датчики температуры

Датчик температуры Danfoss ESMT [15]



Рисунок 5 – Датчик температуры Danfoss ESMT

Датчик градуировки Danfoss ESMT (084N1012) температуры представляют собой платиновые термометры сопротивления, Pt1000 (3,85 Ом/град.). Датчик Danfoss ESMT (084N1012) являются двухпроводным устройством с симметричными взаимозаменяемыми соединительными кабелями. Для обеспечения надежного контакта с трубами поверхностный датчик типа ESM-11 снабжен прижимной пружиной. Базовый датчик содержит платиновый элемент с характеристикой, соответствующей EN 60751.

Таблица 15 – Технические характеристики

Артикул	084N1012
Код	119612
Производитель	Danfoss
Страна	Дания

Гарантия, лет	1
Описание	Датчик $t^{\circ}$ наружного воздуха (-50...+50 °С)
Постоянная времени	15 мин
Корпус	IP54
Электрическое соединение	Две винтовые клеммы под крышкой
Установка	Настенная установка на винтах (в комплект не входят)
EAN	5702421200261
$T_{\text{макс}}$	50
Материал - Покрытие	ABS Основа: PC (поликарбонат) ABS Основа: PC (поликарбонат)
Датчик температуры наружного воздуха	(-50...+50 °С)

Датчик температуры Danfoss ESM-11 [16]



Рисунок 6 - Датчик температуры Danfoss ESM-11

Датчик градуировки Danfoss ESM-11 (087B1165) температуры представляют собой платиновые термометры сопротивления, Pt1000 ( $3,85 \text{ Ом}/^{\circ}\text{C}$ ). Датчик Danfoss ESM-11 (087B1165) являются двухпроводным устройством с симметричными взаимозаменяемыми соединительными

кабелями. Для обеспечения надежного контакта с трубами поверхностный датчик типа ESM-11 снабжен прижимной пружиной. Базовый датчик содержит платиновый элемент с характеристикой, соответствующей EN 60751.

Таблица 16 – Технические характеристики

Артикул	087B1165
Код	119624
Производитель	Danfoss
Страна	Дания
Гарантия, лет	1
Описание	Датчик поверхностный, для монтажа на трубе (0...+100 °С)
Постоянная времени	3 сек
Корпус	IP32
Электрическое соединение	Клеммы для двужильного провода
Ду	15-65
EAN	5702421011478
Материал – Покрытие	ABS/PC (Поликарбонат)
Установка	Снабжен зажимом для крепления на трубе Ду 15-65.
Датчик поверхностный для монтажа на трубе	(0...+100 °С)
Наименование	Pt1000 поверхностный датчик

Электронный регулятор температуры Danfoss ECL Comfort 210 [17]



Рисунок 7 - Электронный регулятор температуры Danfoss ECL Comfort 210

Электронный регулятор температуры с дисплеем и поворотной кнопкой. ECL Comfort 210 электронный контроллер с погодной компенсации температуры теплоносителя, использующийся в системах централизованного теплоснабжения, отопления и охлаждения.

Контроллер комплектуется ключами приложения ECL в зависимости от системы тепло или холодоснабжения. Поддерживает до 3 систем.

Новая серия контроллеров разработана с учетом современных требований к системам автоматического контроля и управления тепловыми пунктами, а также в соответствии с нормативными документами в области энергосбережения.

Danfoss ECL 210 (087H3802) контроллер комплектуется ключами приложения ECL в зависимости от системы тепло или холодоснабжения. Поддерживает до 3 систем.

Таблица 17 – технические характеристики Danfoss ECL Comfort 210

Артикул	087H3020
---------	----------

Код	119588
Производитель	Danfoss
Страна	Дания
Гарантия, лет	1
Вес, кг	0,5
Описание	Электронный регулятор температуры с дисплеем и поворотной кнопкой
Напряжение питания	230 В, 50 Гц
Релейные входы	4
Входы для подключаемых датчиков	8
Напряжение питания	207 В
Напряжение питания	244 В
Потребляемая мощность	5 Вт
Нагрузка на релейных выходах	4(2) А - 230 В
Нагрузка на тиристорных выходах	0.2 А / 230 В
Тмин окружающей среды	0 °С
Тмакс окружающей среды	- 55 °С
Т мин хранения и транспортировки	-40 °С
Тмакс хранения и транспортировки	- 70 °С
Источник питания для таймера	72 часа
Цифровой вход	12 В
Тип датчика	Pt 1000 Ом/°С
Класс защиты корпуса	IP 41
Макс. длина кабеля датчика	200 м
Корпус	220 x 110 x 78.7 мм
Маркировка соответствия стандартам	Директива EMC 2004/108/ЕС, EN 61000-6-1:2007, EN 61000-6-3:2007, LVD 2006/95/ЕС, EN 60730

Таблица 18 – Датчики температуры

Тип	ESMT	ESM11
-----	------	-------



Назначение	Датчик температуры наружного воздуха	Датчик температуры поверхностный
Диапазон температуры	-50...+50 °С	0...+100 °С
Постоянная времени	15 мин	3 сек
$P_y$ , бар	-	-
Максимальная погрешность	2 °С	2 °С
Монтаж	Настенный монтаж винтами	G1/2A, шайба



Рисунок 8 – Электронный регулятор ECL Comfort 210 (внутренний контур системы теплоснабжения)

Электронный регулятор, показанный на рисунке 8, работает таким образом, что, например, если зимой горячая вода теплосети будет 100 °С, счетчик наружной теплосети станет 100/70 °С, а на внутреннем контуре теплосети станет 65 °С.



Рисунок 9 – Шкаф автоматизации наружной теплосети ввод в жилое здание

Из наружных тепловых сетей вода поступает в здание к узлам управления, установленным на вводах при помощи которых включают, выключают, контролируют и регулируют местные системы.

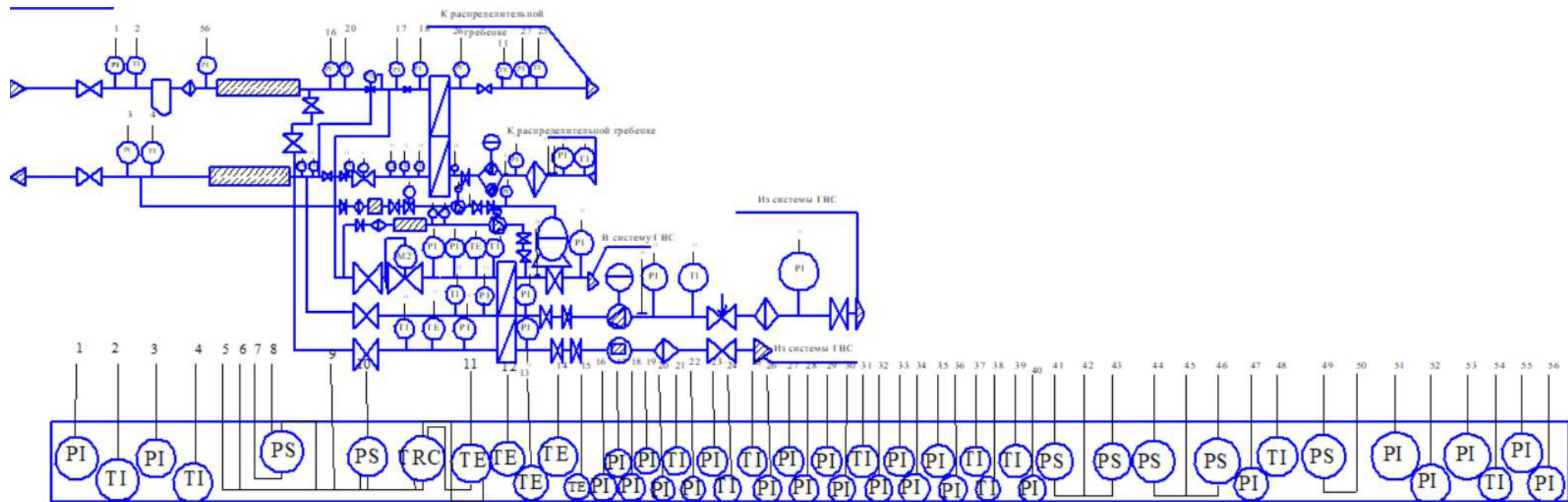


Рисунок 10 – Функциональная схема автоматизации теплоснабжения здания

## 2.2 Основные параметры

### 2.2.1 Выбор регулируемых величин и каналов внесения регулирующих воздействий

Объектом управления является теплообменник, в котором необходимо поддерживать тепло и температуру в заданном значении, необходимом для технологического процесса.

Показателем эффективности является температура в помещении.

Целью управления является поддержание в жилом помещении определенного температурного режима с помощью теплообменников, обогреваемых водой.

В схеме, показанной на рис. 4, входными параметрами являются: температура, расход, давление тепла; расход грязеотбойника.

К режимным параметрам можно отнести: давление, расход, температуру прямой теплосети; температура, давление нагревательных элементов.

Выходными возмущающими воздействиями являются: температура в помещении; расход, температура, давление обратной теплосети.

В качестве регулируемых параметров выбираем: температуру в помещении; расход прямой и обратной теплосети. [10]

### 2.2.2 Выбор контролируемых и сигнализируемых величин

В качестве контролируемых и сигнализируемых величин выбираем: температуру в жилом помещении; защита жилого помещения от повышенного давления. [11]

## **Выводы по главе 2:**

Описаны применяемые средства автоматизации для регулирования системы теплоснабжения жилого здания, построена функциональная схема автоматизации теплоснабжения здания. Существует необходимость повышения эффективности регулирования системы теплоснабжения для стабилизации температуры в помещении, равной заданной температурному графику путем регулирования расхода теплоносителя во избежание переохлаждения системы и взрыва отопительных устройств поквартирно, поэтому следующая глава данной работы посвящена моделированию.

## **3 ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ**

### **3.1 Выбор среды моделирования**

Данная бакалаврская работа была разработана в среде динамического моделирования технических систем SimInTech – российской системе модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления. Программное обеспечение SimInTech состоит из графической среды разработки и исполнительной системы реального времени NordWind.

SimInTech – среда создания математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров и графических дисплеев.

NordWind – исполнительная система реального времени, которая позволяет запускать сформированные алгоритмы на контроллере.

SimInTech предназначен для детального исследования и анализа нестационарных процессов в различных объектах управления. Разработка математических моделей и алгоритмов управления в SimInTech происходит в виде структурного проектирования логико-динамических систем, описываемых во входо-выходных отношениях, в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и/или дифференциально-алгебраических уравнений. SimInTech решает задачи моделирования объектов ВПК/ОПК, энергетических объектов, атомных объектов, нефтегазовых объектов, аэрокосмических объектов, транспортных объектов и других. Кроме этого, SimInTech предназначен для создания тренажёров.

### 3.2 Создание модели автоматизированной системы теплоснабжения здания в SimInTech.

В среде динамического моделирования SimInTech была разработана модель автоматизированной системы теплоснабжения здания, изображенная на рисунке 11.

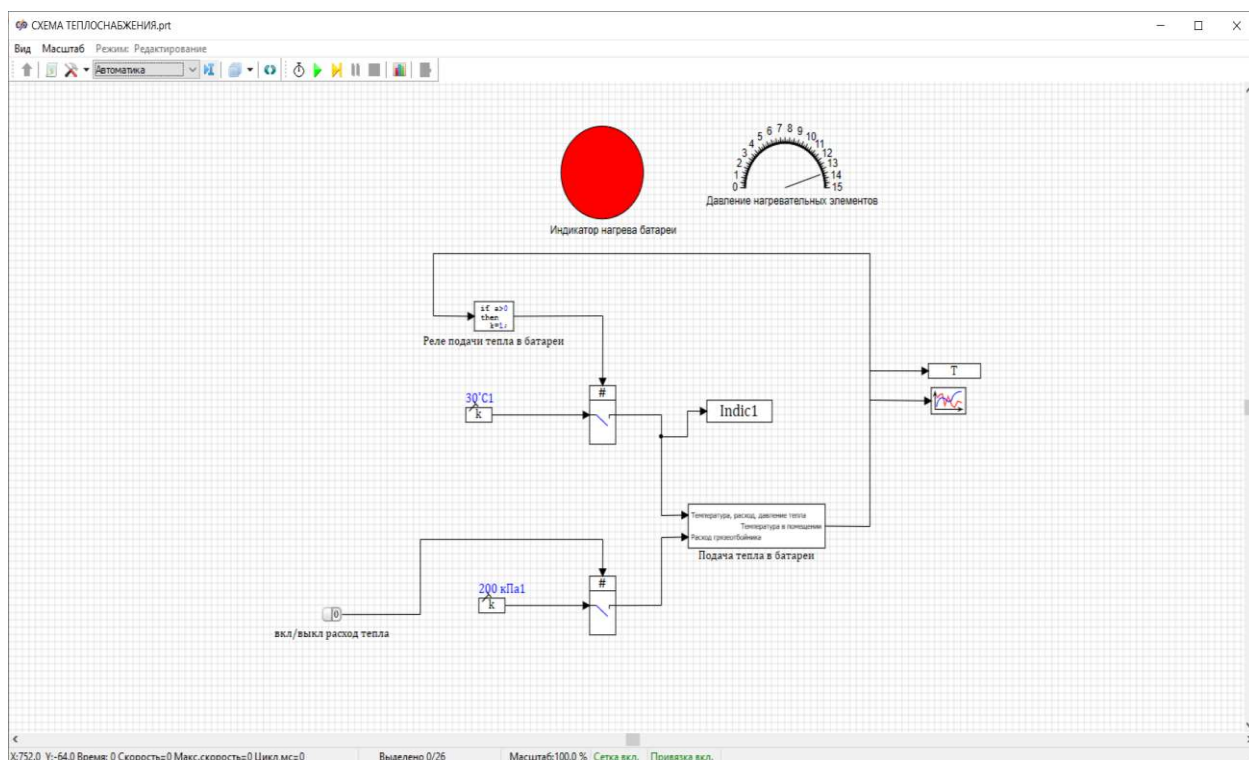


Рисунок 11 – Модель автоматизированной системы теплоснабжения здания в среде динамического моделирования SimInTech

Данная система состоит из:

- Блок «Язык программирования»;
- Блок «Константа»;
- Блок «Ключ управляемый нормально разомкнутый»;
- Блок «Запись в список сигналов»;
- Блок «Кнопка»;
- Блок «Константа»

- Блок «Ключ управляемый нормально разомкнутый»;
- Блок «Субмодель»
- Блок «Запись в список сигналов»;
- Блок «FillCircle»;
- Блок «Voltmeter»;
- Блок «Временной график»

Также в этой среде был создан блок «Субмодель» для подачи тепла в батареи, изображенный на рисунке 12. Если входные параметры будут удовлетворять заданным значениям, то в результате система начнет подачу тепла в батареи и в помещении будет определенная температура, которую нужно регулировать, чтобы не прекращалась подача тепла в батареи.

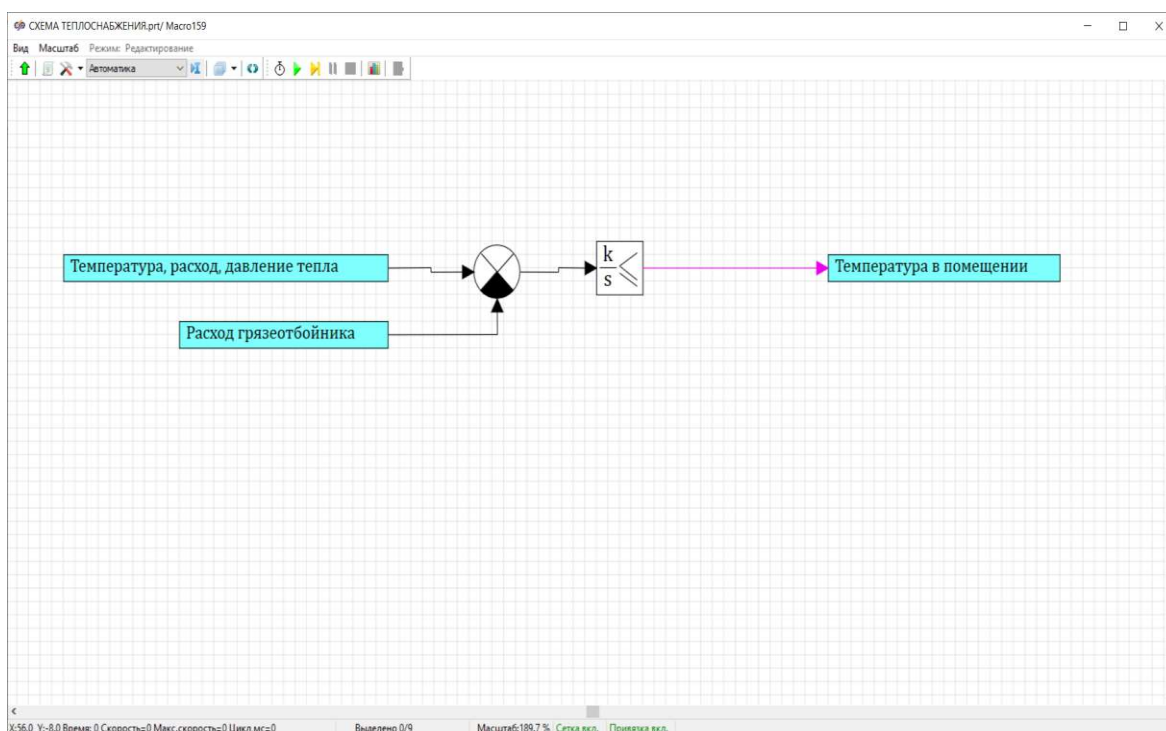


Рисунок 12 – Блок «Субмодель»

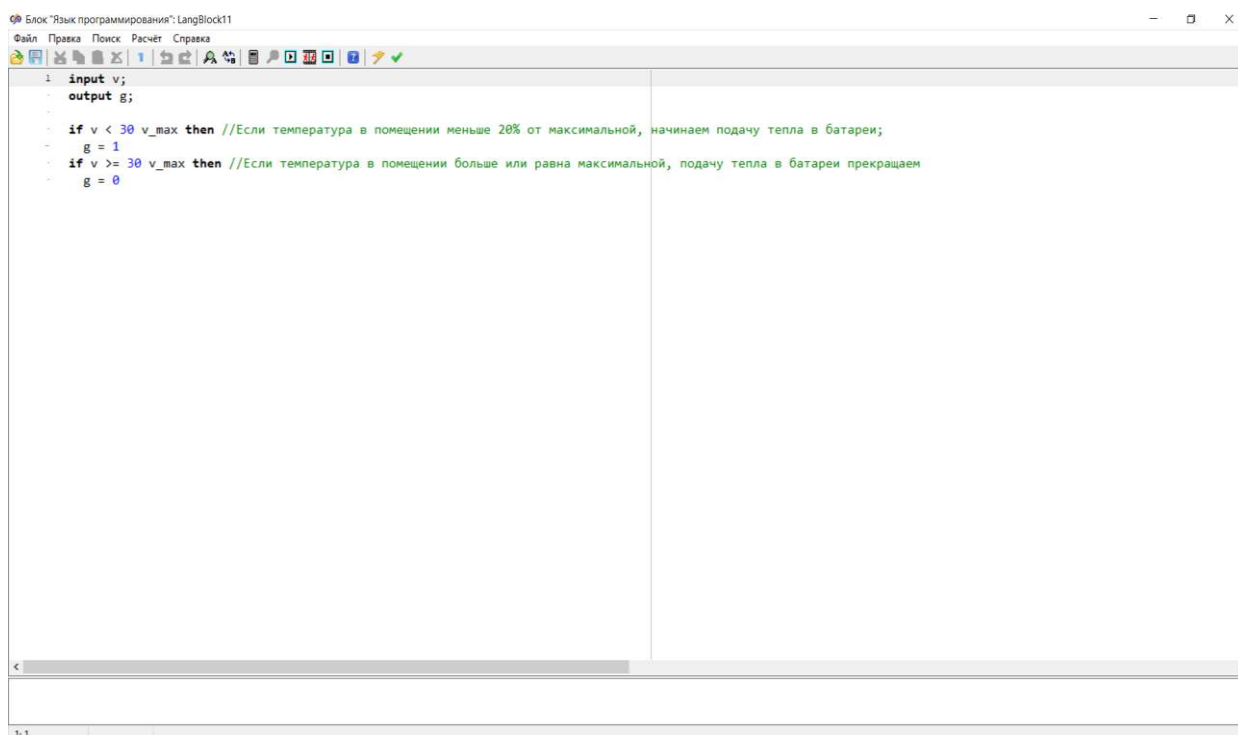
Данный блок состоит из:

- Блок «Порт входа»;



- Блок «Порт входа»;
- Блок «Сравнивающее устройство»;
- Блок «Интегратор с ограничением»;
- Блок «Порт выхода»

Также был написан скрипт пользователя для реализации работы данной системы в блоке «Язык программирования», изображенный на рисунке 13.



```
1 input v;  
- output g;  
-  
- if v < 30 v_max then //Если температура в помещении меньше 20% от максимальной, начинаем подачу тепла в батареи;  
-   g = 1  
- if v >= 30 v_max then //Если температура в помещении больше или равна максимальной, подачу тепла в батареи прекращаем  
-   g = 0
```

Рисунок 13 – Блок «Язык программирования»

Таблица 19 - Температурный график со срезкой 135°С регулирования температуры сетевой воды для источника ТЭЦ-2

Температура наружного воздуха $t_{н.в.}, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды в прямом трубопроводе $T_1, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе $T_2, ^\circ\text{C}$	Температура наружного воздуха $t_{н.в.}, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды в прямом трубопроводе $T_1, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды в обратном трубопроводе $T_2, ^\circ\text{C}$
8	74	48,5	-15	106,6	55,7
7	74	48	-16	108,9	56,4
6	74	47,4	-17	111,1	57,2
5	74	46,9	-18	113,3	58
4	74	46,4	-19	115,5	58,7
3	80	49,4	-20	117,7	59,5
2	80	48,9	-21	119,9	60,2
1	80	48,4	-22	122,1	60,9
0	80	47,8	-23	124,3	61,7
-1	80	47,3	-24	126,5	62,4
-2	80	46,8	-25	128,6	63,1
-3	80	46,3	-26	130,8	63,8
-4	81,8	46,8	-27	133	64,6
-5	84,1	47,7	-28	135	65,2
-6	86,3	48,5	-29	135	64,6
-7	88,6	49,3	-30	135	64,1
-8	90,9	50,1	-31	135	63,6
-9	93,2	50,9	-32	135	63,1
-10	95,4	51,8	-33	135	62,5
-11	97,7	52,5	-34	135	62
-12	99,9	53,3	-35	135	61,5
-13	102,2	54,1	-36	135	61
-14	104,8	54,9	-37	135	60,5

На рисунке 14 изображен температурный график со срезкой 135 °С регулирования  $t^\circ$  сетевой воды при  $t_{н.в.} = +8 \dots -37$  °С. На графике представлены:  $T_1$  – температура сетевой воды в прямом трубопроводе;  $T_2$  – температура сетевой воды в обратном трубопроводе. На представленном графике видно, что  $T_1$  при  $t_{н.в.} = +8$  °С равна 74 °С, то при понижении  $t_{н.в.}$  до -37°С она повысилась до 135 °С.  $T_2$  при  $t_{н.в.} = +8$  °С равна 49 °С сначала уменьшилась до 46,4 °С, а затем при  $t_{н.в.} = -37$ °С она незначительно повысилась до 60,5 °С.

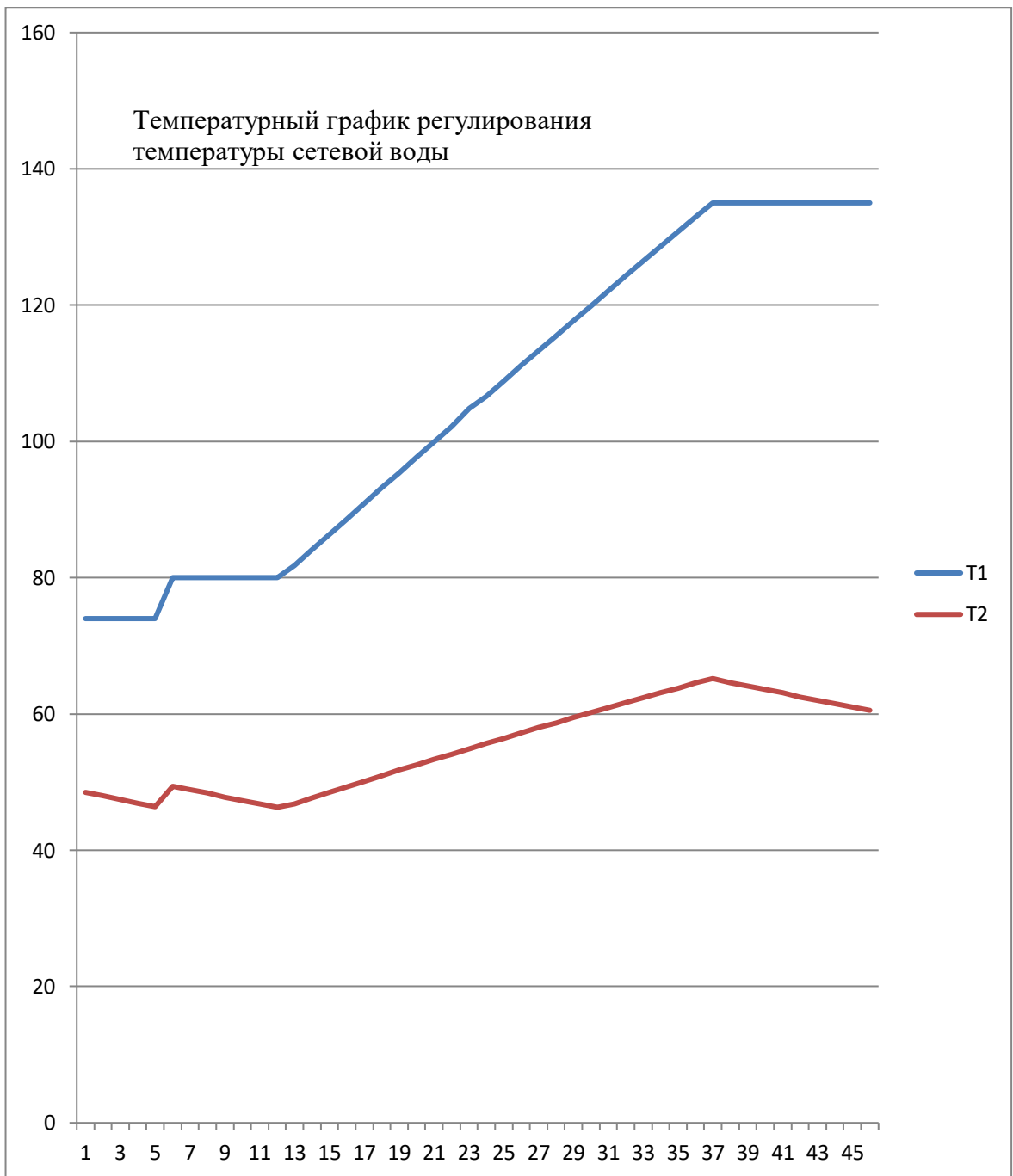


Рисунок 14 - Температурный график со срезкой 135 °С регулирования температуры сетевой воды

При регулировании температуры сетевой воды мы видим, что при уменьшении температуры наружного воздуха, температура воды на «подаче» сначала стабильно держится на отметке в 74 °С, а затем постепенно увеличивается до 135 °С, а на «обратке» наблюдаются постепенные перепады температуры воды

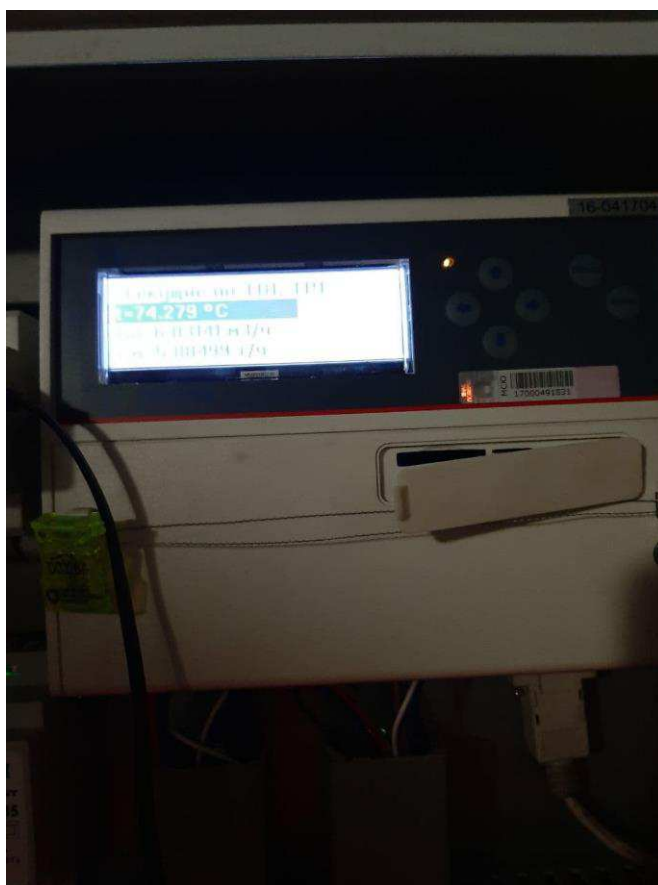


Рисунок 15 – Тепловычислитель, установленный на тепловом вводе узла учета тепловой энергии

### 3.3 Расчет температуры воды на «подаче» и «обратке» в зависимости от температуры наружного воздуха

Таблица 20 – Исходные данные

Исходные данные	Обозначения	Значения	Единица измерения
Расчетные (или фактические) теплопотери здания	$Q_p$	2,612081	Гкал/ч
Расчетная температура воздуха внутри здания	$t_{вр}$	20	°С
Расчетная температура наружного воздуха	$t_{нр}$	-37	°С
Расчетная температура воды на «подаче»	$t_{пр}$	90	°С
Расчетная температура воды на «обратке»	$t_{ор}$	65	°С
Показатель нелинейности теплоотдачи приборов отопления	$n$	0,3	-
Температура наружного воздуха	$t_{н.в.}$	0	°С

Таблица 21 – Результаты расчетов

Результаты расчетов	Обозначения	Значения	Единица измерения
Расчетный расход воды в системе	$G_p$	112,483	Т/ч
Относительный тепловой поток	$q$	0,35	-
Температура воды на «подаче»	$t_{п}$	50,1	°С
Температура воды на «обратке»	$t_{о}$	41,3	°С

Таблица 22 - Расчет температуры воды на «подаче» и «обратке» в зависимости от температуры наружного воздуха

$t_{н.в.}$	q	$t_{п}$	$t_o$
-40	1,05	93	66,7
-37	1	90	65
-35	0,96	88	63,9
-30	0,88	83	61
-25	0,79	77,8	58,1
-20	0,7	72,6	55
-15	0,61	67,2	51,8
-10	0,53	61,7	48,5
-5	0,44	56	45
0	0,35	50,1	41,3
5	0,26	43,9	37,3
8	0,21	40	34,7
10	0,18	37,3	32,9

На рисунке 16 изображены расчет температуры воды в прямом и обратном трубопроводе при  $t_{н.в.} = -40...+10$  °С и температурный график отопления.

На рисунке видно, что при повышении  $t_{н.в.}$ , уменьшаются температуры в прямом и обратном трубопроводе. Если при  $t_{н.в.} = -40$  °С  $t_{п} = 93$ °С, то при  $t_{н.в.} = 10$ °С  $t_{п} = 37,3$  °С. Если при  $t_{н.в.} = -40$  °С  $t_o = 66,7$  °С, то при  $t_{н.в.} = 10$ °С  $t_o = 32,9$  °С.

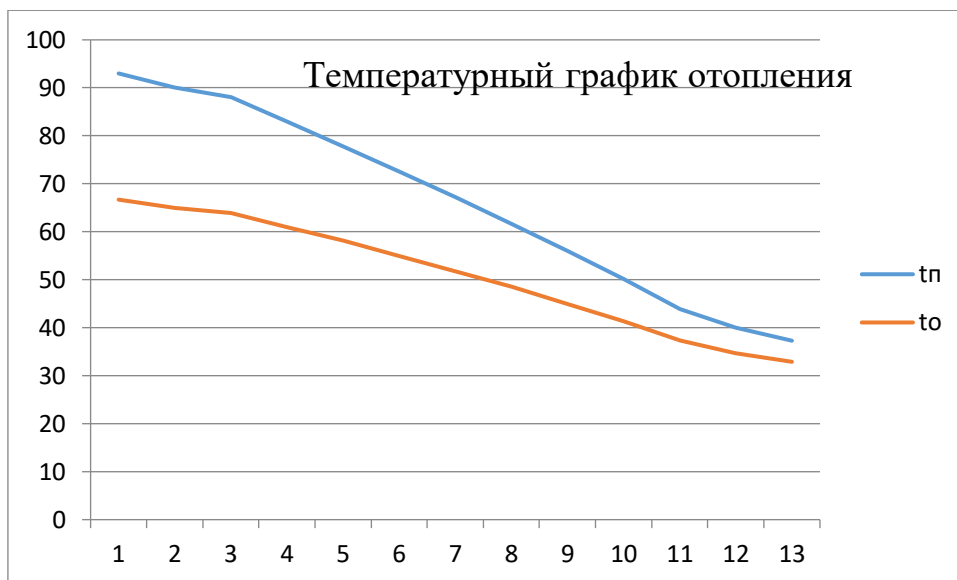


Рисунок 16 – Температурный график отопления

### Выводы по 3 главе:

- Спроектирована в среде SimInTech динамическая модель системы теплоснабжения здания

- При регулировании температуры сетевой воды, если происходит уменьшение температуры наружного воздуха, то температура воды на «подаче» сначала стабильно держится на отметке в 74 °С, а затем постепенно увеличивается до 135 °С, а на «обратке» наблюдаются постепенные перепады температуры воды.

- При расчете температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха, температура воды на «подаче» и «обратке» постепенно уменьшается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были рассмотрены следующие разделы:

В разделе «Описание объекта автоматизации» были рассмотрены техническая характеристика объекта, отопление, индивидуальный тепловой пункт, циркуляционный насос системы отопления, циркуляционный насос системы ГВС, подпиточный насос системы отопления, теплообменник системы отопления, теплообменник системы ГВС, выбраны регулируемые величины и каналы внесения регулирующих воздействий, а также, выбраны контролируемые и сигнализируемые величины.

В разделе «Описание средств автоматизации» были рассмотрены основные средства автоматизации, такие как контроллер, регулирующий клапан, регулятор перепада давления. Были выбраны датчики температуры, необходимые для технологического процесса.

В разделе «Построение компьютерной модели» были рассмотрены описание среды моделирования, создание модели автоматизированной системы теплоснабжения здания, расчет температуры воды на «подаче» и «обратке» в зависимости от температуры наружного воздуха.

При выполнении выпускной квалификационной работы изучена система теплоснабжения здания; рассмотрены технологические параметры, которые необходимо управлять и регулировать для стабильности теплоснабжения; описаны средства автоматизации, необходимые для регулирования системы теплоснабжения жилого здания; спроектирована в среде SimInTech динамическая модель системы теплоснабжения здания; смоделировано регулирование и поддержание температурного режима в жилом помещении за счет давления в нагревательных элементах.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Электрическое отопление [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153481/Электрическое#:~:text=вид%20отопления%20\(См.,преобразующими%20электрическую%20энергию%20в%20тепловую.](https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153481/Электрическое#:~:text=вид%20отопления%20(См.,преобразующими%20электрическую%20энергию%20в%20тепловую.)
- 2 Теплоснабжение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Теплоснабжение>
- 3 Воронин, А.В. Теория автоматического управления. Основы построения и анализа систем автоматического регулирования: учебно-методическое пособие / А.В. Воронин. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 51 с.
- 4 Лазарева, Т.Я. Основы теории автоматического управления / Т.Я. Лазарева, Ю.Ф. Мартемьянов. - Тамбов Издательство ТГТУ, 2004 г. – 352 с.
- 5 Поляков, К.Ю. Теория автоматического управления для «чайников» / К.Ю. Поляков. - Санкт-Петербург, 2008. – 234 с.
- 6 Клюев, А.С. «Техника чтения автоматизированного управления и технического контроля» / А.С. Клюев. - М.. Издательство «Энергоатомиздат», 2014. – 432 с.
- 7 Иванов, А.А. «Автоматизация технологических процессов и производств» / А.А. Иванов. - М.. Издательство «Форум», 2015. – 223 с.
- 8 Келим, Ю.М. «Контроль и метрологическое обеспечение средств и систем автоматизации» / Ю.М. Келим. - М.. Издательство «Энергоатомиздат», 2014. – 352 с.
- 9 Латышенко, К.П. «Автоматизация измерений, контроля и испытаний» / К.П. Латышенко. - М.. Издательство «Академия», 2019. – 307 с.
- 10 Молоканова, Н.П. «Автоматическое управление курс лекций с решением задач и лабораторных работ» / Н.П. Молоканова. - М.. Издательство «Форум», 2014. – 224 с.

11 Пантелеев, В.Н. «Основы автоматизации производства» / В.Н. Пантелеев. - М.. Издательство «Академия», 2015. – 208 с.

12 Ключев, А.С. «Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования» / А.С. Ключев М.. Издательство «Альянс», 1989. – 368 с.

13 Афонин, А.М. «Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации» / А.М. Афонин. – Москва: Издательство «Форум», 2014. – 192 с.

14 ЕНиР. Сборник Е32. «Монтаж контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.meganorm.ru](http://www.meganorm.ru)

15 Датчик температуры наружного воздуха Danfoss ESMT (084N1012) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tdkomfort.ru/shop/danfoss-datchik-temperature-naruzhnogo-vozdukha-esmt-084n1012y.html>

16 Датчик температуры поверхностный для монтажа на трубе Danfoss ESM-11 (087B1165) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tdkomfort.ru/shop/danfoss-datchik-poverkhnostnyj-dlya-montazha-na-trube-esm-11-087b1165y.html>

17 Электронный регулятор температуры Danfoss ECL 210 (087H3020) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tdkomfort.ru/shop/danfoss-ecl-210-087h3020-elektronnyj-regulyator-temperaturey.html>

18 Витальев, В.П. «Эксплуатация тепловых пунктов систем теплоснабжения» / В.П. Витальев. – М.. Стройиздат, 1985. – 623 с.

19 Ибрагимов, М.Х. «Тепловое оборудование и тепловые сети: Учебник для вузов» / М.Х. Ибрагимов. – М.. Стройиздат, 1994. – 248 с.


20 Кокорин, О.Я. «Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования воздуха» / О.Я. Кокорин. – М.. Проспект, 1999. – 324 с.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий  
Кафедра «Системы автоматизации, автоматизированное управление  
и проектирование»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

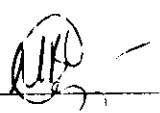
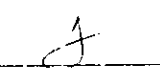
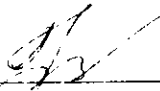
 С.В. Ченцов

«18» 06 2021 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЯ**

Руководитель		18.06.2021 г.	старший преподаватель И.В. Солопко
Выпускник		18.06.2021 г.	И.Р. Гринев
Нормоконтролер		18.06.2021 г.	Т.А. Грудинова

Красноярск 2021