

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ  
ЭНЕРГИИ НА КОМПЛЕКС ЗДАНИЙ РГППУ**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по  
отраслям)  
профилю подготовки «Энергетика»  
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и  
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 120

Екатеринбург 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный профессионально-педагогический  
университет»  
Институт инженерно-педагогического образования  
Кафедра электрооборудования и энергоснабжения

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:  
Заведующая кафедрой ЭС  
\_\_\_\_\_ А.О. Прокубовская  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ  
ЭНЕРГИИ НА КОМПЛЕКС ЗДАНИЙ РГППУ**

Исполнитель: студент(ка) группы ЭС-402	_____	А.Д. Зиганов
	(подпись)	
Руководитель: ст. преподаватель кафедры ЭС	_____	В.А. Семенов
	(подпись)	
Нормоконтролер: ст. преподаватель кафедры ЭС	_____	Т.В. Лискова
	(подпись)	

Екатеринбург 2017

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 57 страницах, содержит 7 рисунков, 9 таблиц, 25 источников литературы, а также 5 приложений на 17 страницах.

Ключевые слова: ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА, ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, АЛГОРИТМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ.

Зиганов А.Д. Разработка алгоритмов системы автоматического регулирования отпуска тепловой энергии на комплекс зданий РГППУ: выпускная квалификационная работа / А.Д. Зиганов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. электрооборудования и энергоснабжения. – Екатеринбург, 2017. – 57 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка алгоритмов системы автоматического регулирования отпуска тепловой энергии на комплекс зданий РГППУ». В работе рассмотрен процесс автоматизации теплоснабжения здания учебного корпуса и разработка алгоритмов регулирования для данной системы.

2. Цель работы: разработка алгоритмов автоматизированной системы регулирования тепловой энергии.

3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выполнен анализ существующих систем автоматического регулирования тепла, изучены существующие условия теплоснабжения объекта регулирования, разработаны алгоритмы программ регулирования, выбрана схема регулирования для здания учебного корпуса, выбрано оборудование для автоматизации объекта и определено место его установки.

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА.....	8
1.1 Понятие системы теплоснабжения .....	8
1.1.1 Открытые системы теплоснабжения .....	8
1.1.2 Закрытые системы теплоснабжения .....	10
1.2 Типы автоматизации.....	11
1.2.1 Центральное регулирование .....	11
1.2.2 Местное регулирование .....	11
1.2.3 Индивидуальное регулирование .....	12
1.2.4 Автоматизация индивидуального теплового пункта: современные технические решения .....	13
1.3 Классификация систем регулирования по алгоритму функционирования.....	15
1.4 Цели и задачи регулирования тепла .....	18
1.5 Экономические аспекты внедрения системы регулирования .	19
1.6 Компоненты систем регулирования .....	20
2. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И АЛГОРИТМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ .....	22
2.1 Выбор схемы регулирования отпуска тепла .....	22
2.1.1 Характеристики объекта .....	22
2.1.2 Характеристика тепло потребляемых установок здания.....	22

2.1.3	Расчет тепловых нагрузок и теплопотребления .....	23
2.1.4	Выбор функциональной схемы регулирования.....	25
2.2	Выбор оборудования и определение места установки .....	29
2.2.1	Выбор регулирующего устройства .....	29
2.2.2	Выбор клапана запорно-регулирующего (КЗР).....	33
2.2.3	Выбор циркуляционного насоса .....	35
2.2.4	Датчики температуры.....	37
2.3	Разработка алгоритмов систем регулирования.....	39
2.3.1	Алгоритм режима быстрого прогрева здания.....	40
2.3.2	Алгоритм формирования температуры и графиков.....	43
2.3.3	Алгоритм формирования уставок регулирования.....	43
2.4	Методическая часть .....	44
2.4.1	Педагогический адрес .....	44
2.4.2	Учебный материал .....	45
2.4.3	Структурно логический анализ .....	48
2.4.4	Фонд оценочных средств .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....		55
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....		58
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....		59
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....		60
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....		61
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....		62
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж .....		63

## ВВЕДЕНИЕ

Системы теплоснабжения являются крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов в стране. От нормального функционирования этих систем зависят условия теплового комфорта в отапливаемых зданиях, самочувствие людей, производительность труда и другие факторы. Выпуск качественной продукции на ряде промышленных предприятия требует строгого соблюдения нормируемых параметров микроклимата. Эффективность предприятий агропромышленного комплекса (урожайность плодов и овощей, выращиваемых в теплицах, продуктивность животноводства) также в большой степени определяется температурно-влажностными режимами в сельскохозяйственных помещениях, обеспечиваемыми работой систем теплоснабжения. Таким образом, проблема повышения качества, надежности, экономичности теплоснабжения имеет государственное значение.

Режимы теплопотребления, а следовательно и производства тепловой энергии, зависят, как известно, от большого количества факторов; условий погоды, теплотехнических качеств отапливаемых зданий и сооружений, характеристик тепловой сети и источников энергии и др. При выборе этих режимов нельзя не учитывать функциональных взаимосвязей системы теплоснабжения с другими системами инженерного обеспечения: электро-, газо-, водоснабжения.

Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами в практику теплофикации и централизованного теплоснабжения позволяет резко повысить технический уровень эксплуатации этих систем и обеспечить значительную экономию топлива. Кроме экономии топлива, автоматизация рассматриваемых систем позволяет улучшить качество отопления зданий, повысить уровень теплового комфорта и эффективность промышленного и сельскохозяйственного производства в отапливаемых

зданиях и сооружениях, а также надежность теплоснабжения при уменьшении численности обслуживающего персонала.

Применение системы автоматического программного регулирования отопления позволяет осуществлять дальнейшее совершенствование режима отопления, например, снижать температуру воздуха в жилых зданиях в ночное время или снижать отпуск теплоты на отопление промышленных и административных зданий в нерабочее время, что обеспечивает дополнительную экономию теплоты и создание комфортных условий.

*Объектом исследования* является система теплоснабжения здания учебного корпуса.

*Предметом исследования* является оборудование системы автоматического регулирования тепла (САРТ).

*Цель исследования* - разработка алгоритмов автоматизированной системы регулирования тепловой энергии.

Для решения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести анализ существующих систем автоматического регулирования тепла;
- изучить существующие условия теплоснабжения объекта регулирования;
- выбрать схему регулирования для здания учебного корпуса;
- выбрать оборудование для САРТ и определить место его установки.;
- разработать алгоритмы программ регулирования (алгоритм формирования температурных графиков, алгоритм формирования температурных графиков и уставок, алгоритм режима быстрого прогрева здания).

# **1. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛА**

## **1.1 Понятие системы теплоснабжения**

Теплоснабжением называют снабжение теплом жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений для обеспечения как коммунально-бытовых (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение), так и технологических нужд потребителей. Теплоснабжение бывает местным и централизованным. Система централизованного теплоснабжения обслуживает жилые или промышленные районы, а местного - одно или несколько зданий. В России наибольшее значение приобрело централизованное теплоснабжение. Системы теплоснабжения делятся на открытые и закрытые.

### **1.1.1 Открытые системы теплоснабжения**

Открытые системы теплоснабжения характеризуются тем, что водоразбор горячей воды для нужд потребителя происходит непосредственно из теплосети, причем, он может быть как полным, так и частичным. Остающаяся в системе горячая вода продолжает использоваться для отопления или вентиляции. Расход воды в теплосети при этом способе компенсируется дополнительным количеством воды, которая подается в тепловую сеть. Преимущество такой системы заключается в ее экономической выгоде. Во время советского периода почти 50 % всех систем теплоснабжения были открытого типа. В то же время, нельзя сбрасывать со счетов то, что открытая система имеет и ряд существенных недостатков. Прежде всего, это невысокое санитарно-гигиеническое качество воды. Отопительные приборы и трубопроводные сети придают воде



специфический запах и цветность, появляются различные посторонние примеси, а также, бактерии. Для очистки воды в открытой системе обычно применяются различные методы, но их использование снижает экономический эффект. Открытая система теплоснабжения по способу присоединения к теплосетям может быть зависимой, т.е. соединяться через элеваторы и насосы, или присоединяться по независимой схеме - через теплообменники.

Зависимые системы теплоснабжения, это такие системы, в которых теплоноситель по трубопроводу попадает сразу в систему отопления потребителя. Здесь нет никаких промежуточных теплообменников, тепловых пунктов и гидравлической изоляции. Несомненно, что такая схема присоединения понятна и конструктивно проста. Она несложна в обслуживании и не требует никакого дополнительного оборудования, например, циркуляционных насосов, автоматических приборов регулирования и контроля, теплообменников. Чаще всего, эта система привлекает своей, на первый взгляд, экономичностью. Однако она имеет существенный недостаток, а именно, невозможность отрегулировать теплоснабжение в начале и конце отопительного сезона, когда появляется избыток тепла. Это не только влияет на комфорт потребителя, но и приводит к теплопотерям, что снижает ее кажущуюся первоначально экономичность. Когда становятся актуальными вопросы энергосбережения, разрабатываются и активно внедряются методики перехода зависимой системы теплоснабжения к независимой, это позволяет обеспечить экономию тепла порядка на 10-40% в год.

Независимыми системами теплоснабжения называют системы, в которых отопительное оборудование потребителей изолировано гидравлически от производителя тепла, а для теплоснабжения потребителей используют дополнительные теплообменники центральных тепловых пунктов. Независимая система теплоснабжения имеет целый ряд неоспоримых преимуществ:

- возможность регулирования количества тепла, доставленного к потребителю при помощи регулирования вторичного теплоносителя;
- более высокая надежность;
- энергосберегающий эффект, при такой системе экономия тепла составляет 10-40 %;
- появляется возможность улучшения эксплуатационных и технических качеств теплоносителя, что существенно повышает защиту котельных установок от загрязнений.

Благодаря этим преимуществам, независимые системы теплоснабжения стали активно применяться в крупных городах, где тепловые сети достаточно протяжены и существует большой разброс тепловых нагрузок. В настоящее время разработаны и успешно внедряются технологии реконструкции зависимых систем в независимые. Несмотря на значительные капиталовложения это, в конечном итоге, дает свой эффект. Естественно, что независимая открытая система - дороже, однако она значительно улучшает качество воды по сравнению с зависимой.

### **1.1.2 Закрытые системы теплоснабжения**

Закрытые системы теплоснабжения – это системы, в которых вода, циркулирующая в трубопроводе, используется только как теплоноситель, и не забирается из теплосистемы для нужд обеспечения горячего водоснабжения. При такой схеме система полностью закрыта от окружающей среды. Конечно же, утечки теплоносителя возможны и при такой системе, однако, они весьма незначительны и легко устраняются, а потери воды без проблем автоматически восполняются с помощью регулятора подпитки. Подача тепла регулируется централизованным способом, при этом количество теплоносителя, т.е. воды, остается в системе неизменным. Расход тепла зависит от температуры циркулирующего теплоносителя. Как правило, в закрытых системах теплоснабжения

используются возможности тепловых пунктов. На них, от поставщика теплоэнергии, например, ТЭЦ, поступает теплоноситель, а его температура регулируется до необходимой величины для нужд отопления и горячего водоснабжения районными центральными тепловыми пунктами, которые и распределяют ее по потребителям. Преимущества закрытой системы теплоснабжения заключаются в высоком качестве горячего водоснабжения. Кроме того, она дает энергосберегающий эффект. Ее, практически, единственный недостаток в сложности водоподготовки из-за удаленности тепловых пунктов друг от друга.

## **1.2 Типы автоматизации**

Автоматизация систем теплоснабжения может достигаться центральным, местным и индивидуальным регулированием. Так же автоматизации может подвергнуться индивидуальный тепловой пункт.

### **1.2.1 Центральное регулирование**

Автоматизация котельных и ТЭЦ позволяет существенно снизить затраты энергоносителей за счет оптимизации процесса работы котельного оборудования. Кроме того, установка систем автоматизации на данном этапе позволяет сократить количество дежурного и обслуживающего персонала, что ведет к уменьшению зарплатного фонда, то есть к снижению расходов.

### **1.2.2 Местное регулирование**

По своему типу, все тепловые пункты подразделяются на центральные и индивидуальные. Индивидуальные тепловые пункты используются для передачи тепла получаемого от внешнего источника к одному потребителю (зданию). Индивидуальный тепловой пункт как правило располагается в

подвале здания или на специальном техническом этаже. Центральный тепловой пункт от индивидуального теплового пункта отличается только тем, что он используется для отопления группы сооружений, и, как правило, находится в отдельном здании.

Для создания систем автоматизации тепловых пунктов используются температурные датчики, датчики давления, реле и контролеры, осуществляющие управление всей остальной автоматикой. Благодаря установке автоматики в тепловых пунктах можно при необходимости корректировать подачу тепла в системы теплоснабжения потребителя в прямой зависимости от температуры воздуха и времени суток, снижая подачу в то время, когда объект не эксплуатируется. Таким образом, автоматизация тепловых пунктов позволяет добиться существенной экономии энергоресурсов и увеличения уровня комфорта в здании.

### **1.2.3 Индивидуальное регулирование**

К индивидуальным средствам автоматизации теплоснабжения относятся регуляторы, устанавливаемые непосредственно на теплопроводе перед радиатором. Благодаря установке подобного оборудования можно всегда поддерживать в помещении такую температуру, которая будет максимально комфортной для всех находящихся в нем людей. Помимо этого, регулятор можно настроить таким образом, что он автоматически будет снижать температуру воздуха в помещении в то время, когда в нем никого нет. Таким образом, установка данного оборудования позволит повысить уровень комфорта в конкретном помещении.

## **1.2.4 Автоматизация индивидуального теплового пункта: современные технические решения**

Автоматика ИТП дает возможность поддерживать требуемые параметры теплоснабжения, снизить потребление тепловой энергии за счет погодной компенсации, производить диагностику работы оборудования и системы в целом, при обнаружении нештатной ситуации выдать сигнал аварии и принять меры по снижению ущерба от данной нештатной ситуации.

Система автоматического регулирования может строиться как на жестко-запрограммированных микропроцессорных терморегуляторах, так и на базе свободно-программируемых контроллеров (В данном курсовом проекте будет рассматриваться контроллер МИР-103). Проведение пуско-наладочных работ последних требует высокой квалификации наладчиков. Тем не менее, в последние годы наиболее часто проекты выполняются на базе именно свободно-программируемых контроллеров. Их использование обусловлено следующими причинами:

1. Возможностью применения нестандартных алгоритмов, учитывающих технические особенности конкретного объекта и изменяющиеся требования теплоснабжающей организации.
2. Возможностью минимизации последствий нештатной ситуации.
3. Снижением аппаратной избыточности: снимаемая с любого датчика информация может быть использована для различных целей; например, с одного датчика давления может быть получена информация и сформированы команды по следующим ситуациям: аварийно-высокое давление, подпитка вторичного контура теплообменника, угроза завоздушивания системы, сухой ход насоса, текущее значение давления для диспетчеризации.
4. Возможностью использования информации с некоторых типов вычислителей (тепла, газа, электроэнергии); например, можно не

дублировать датчики узла учета тепловой энергии, а получать данные с этих датчиков через СП сеть.

5. Возможностью применения периферийных устройств с любыми стандартными и даже нестандартными характеристиками, легкая замена приборов (датчиков, приводов и пр.) с одними характеристиками на приборы с другими характеристиками, что может быть важным для оперативной замены вышедших из строя элементов или при модернизации.

6. Легкостью изменения алгоритма управления (без перемонтажа или с незначительными переделками схемы).

7. Одно устройство (контроллер) управляет всем оборудованием теплового пункта, что значительно упрощает электрическую принципиальную схему шкафа управления, это особенно важно, если автоматизация и диспетчеризация решаются на достаточно высоком уровне. Исключается применение дополнительных элементов автоматики, таких как промежуточные реле, таймеры, компараторы и пр. Таким образом, электрическая схема шкафа управления упрощается, что снижает затраты, это тем более важно, если проектируется сложная автоматика, например, автоматика ИТП высотных зданий.

8. Контроллер производит подробную диагностику практически всего оборудования и режимов работы.

9. Многовариантностью доведения диагностических сообщений до обслуживающего персонала (сигнальными лампами, подробная информация на пульте контроллера, местная диспетчеризация через локальную сеть, удаленная диспетчеризация через Internet, посылка SMS сообщений ответственному лицу).

10. Невысокой ценой на качественные отечественные свободно-программируемые контроллеры, такие как МИР-103.

### **1.3 Классификация систем регулирования по алгоритму функционирования**

Значение регулируемой величины и характер ее изменения, как мы уже убедились, зависят от ряда факторов: задающего воздействия, времени, возмущающего воздействия и т. п. Под алгоритмом, функционирования, или законом регулирования, будем подразумевать функциональную зависимость установившихся, заданных значений регулируемой величины от этих факторов.

Каждая автоматическая система определяется характером ее алгоритма функционирования (закона воспроизведения), характером ее алгоритма управления и наличием (отсутствием) способности к самоприспособливанию. Эти признаки и положены в основу классификации автоматических систем.

**По характеру алгоритма функционирования** автоматические системы делятся на стабилизирующие, следящие и программные.

В **стабилизирующих системах** регулируемая величина  $y$  при любых возмущениях  $F(f)$ , действующих на систему, поддерживается регулятором постоянной и равной заданному значению  $y_0$  в пределах допустимых отклонений

$$y = y_0 + \Delta y, \quad (1)$$

где  $\Delta y$  - отклонение регулируемой величины, зависящее от величины возмущения  $F(t)$ , действующего на систему.

Задающие воздействия  $x(t)$  в таких системах являются постоянными, заранее заданными величинами:  $x(t) = \text{const}$ .

К **следящим системам** автоматического регулирования относятся системы, в которых воспроизведение входной величины, изменяющейся по произвольному закону, осуществляется на выходе системы с допустимой ошибкой.

Закон воспроизведения для следящей системы может быть записан в следующем виде:

$$y = x \text{ или } y = kx, \quad (2)$$

где  $x$  - произвольная входная величина, зависящая от времени или других параметров и в общем случае неизвестная заранее,  $k$  - коэффициент масштаба.

В следящих системах применяется терминология, отличная от терминологии, используемой в системах регулирования: вместо "регулирование" говорят "слежение", "окончание процесса" - "отработка", "входная величина" - "ведущая величина", "выходная величина" - "ведомая величина".

На рисунке 1 показана примерная блок-схема следящей системы.

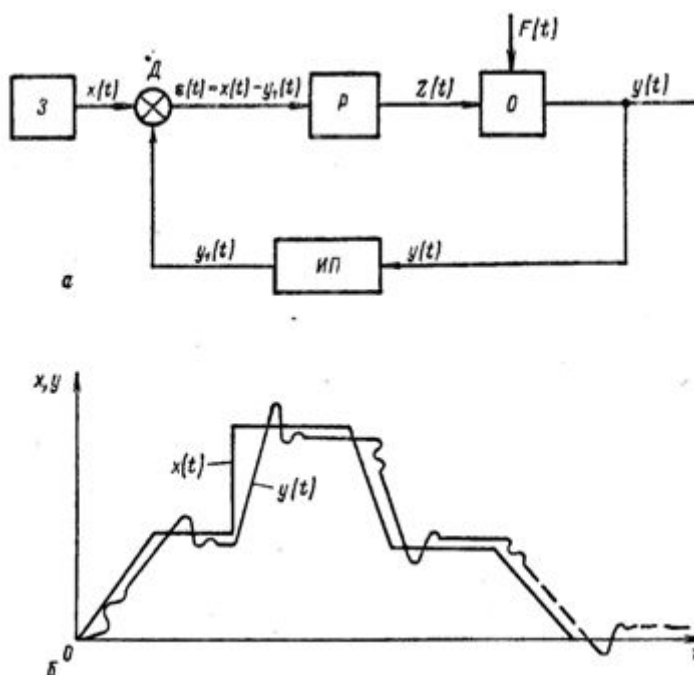


Рисунок 1- Блок-схема (а) и диаграмма (б) изменения углового перемещения на входе и выходе следящей системы:

З - ведущий элемент; Д - датчик рассогласования; Р – регулятор; О – объект; ИП - измерительно-преобразовательный элемент.

Основным элементом следящей системы является датчик рассогласования Д, который определяет рассогласование (ошибку) между



ведомой и ведущей величинами. Ведомая величина  $y$  измеряется измерительно-преобразовательным элементом МП и приводится к уровню ведущей величины  $x$ .

Датчик рассогласования  $D$  устанавливает величину рассогласования между ведущей величиной  $x$ , поступающей от ведущего элемента  $Z$ , и ведомой величиной  $y$  и выдает сигнал регулятору  $P$ , который вырабатывает регулирующее воздействие  $Z(t)$  на объект. Регулятор стремится свести к нулю появившееся рассогласование. Под рассогласованием подразумевается отклонение ведомой величины от заданного значения ведущей.

На рисунке. 1(б) приведена примерная диаграмма изменения ведущей  $x$  и ведомой  $y$  величин следящей системы.

Автоматические системы, которые заставляют регулируемую величину изменяться по определенному, заранее заданному закону, называются **системами программного регулирования**.

Закон воспроизведения для программной системы может быть выражен уравнением

$$y = x(t), \tag{3}$$

где  $x(t)$  - заданная (известная заранее) функция времени, которую система должна воспроизводить.

В таких системах необходимо иметь специальное устройство - задатчик, который менял бы задающую величину  $x(t)$  по определенному требуемому закону.

**По характеру алгоритма управления** автоматические системы делятся на автоматические системы с разомкнутой цепью воздействий (разомкнутый цикл регулирования) и автоматические системы с замкнутой цепью воздействий (замкнутый цикл регулирования).

**Самоприспосабливающиеся автоматические системы** делятся на самоприспосабливающиеся, или самонастраивающиеся, и системы без самоприспосабливания. Необходимо отметить, что самоприспосабливающиеся системы представляют собой новый вид систем и не все понятия этого вида

систем полностью сформировались, поэтому в разных учебниках они имеют различные названия.

Ко всем производственным установкам предъявляются требования, чтобы они работали в оптимальном режиме с точки зрения расхода энергии, производительности и качества выполнения производственной операции.

При автоматизации таких установок необходимо иметь специальные устройства, которые могли бы обеспечить автоматическую настройку производственной установки на работу в оптимальном режиме. Такие специальные устройства и называются **системами автоматической настройки**, или **самонастраивающимися системами регулирования**.

Эти системы автоматически приспособливают производственную установку к меняющимся условиям работы, т. е. к изменяющимся характеристикам регулируемого объекта (изменениям возмущения), и заставляют ее работать в оптимальном режиме, поэтому системы автоматической настройки часто называют системами оптимального, или экстремального, регулирования.

Применение таких систем позволяет повысить производительность установки, улучшить качество выпускаемой продукции, снизить затраты труда на единицу продукции и т. д. В будущем многие автоматизированные установки будут иметь системы автоматической настройки.

#### **1.4 Цели и задачи регулирования тепла**

Основными задачами системы регулирования являются:

- устранение подачи на объект теплоносителя с завышенными («перетопы») и с заниженными параметрами, при этом регулирование параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха происходит с минимальной инерцией - САРТ выполняет коррекцию мгновенно;

- регулирование температуры теплоносителя в обратном трубопроводе теплосети для исключения применения штрафных санкций со стороны энергоснабжающих организаций за превышение данной температуры. САРТ позволяет ограничить забор теплоносителя из сети и запустить его из обратного трубопровода повторно в систему отопления. И так до тех пор, пока его температура не достигнет нормы;

- экономия тепловой энергии за счет снижения температуры теплоносителя в ночное время суток, а также в выходные и праздничные дни;

- поддержание настроенного температурного режима в здании по датчикам, размещенным в контрольных помещениях. Это не обеспечит снижения затрат, но обеспечит более комфортабельные условия для проживания и труда. Сложность заключается в выборе контрольного помещения для установки датчика с учетом того, что температура в нем будет задавать климат во всем здании.

Также в системах САРТ предусматривается техническая возможность выдачи сигналов в единый диспетчерский центр о выходе регулируемых параметров за пределы регулирования. Это значительно повышает ее надежность и минимизирует вероятность отказа системы и оборудования.

## **1.5 Экономические аспекты внедрения системы регулирования**

Величины возможной экономии потребления тепловой энергии с помощью применения всех алгоритмов модуля САРТ:

- применение погодного регулирования ~ 8%;
- применение регулирования по расписанию ~ 22%;

Итого: суммарная экономия составляет около 30%.

Помимо экономии и комфортных условий, внедрение САРТ обеспечивает балансировку системы отопления, увеличивает срок эксплуатации оборудования системы теплоснабжения, повышает

привлекательность здания и обеспечивает исполнение требований законодательства по энергосбережению.

## 1.6 Компоненты систем регулирования

САРТ представляет собой систему из датчиков температуры, регулирующего клапана, насосов, контроллера и аппаратуры связи (в случае, если требуется дистанционное управление системой). С помощью устанавливаемых датчиков анализируется температура снаружи и внутри дома, а также температура в подающем и обратном трубопроводе. Эти данные передаются в контроллер шкафа управления. Контроллер анализирует показания датчиков и выдает команду на регулирующий клапан в соответствии с заданным графиком.

Схема системы автоматического регулирования показана на рисунке 2.

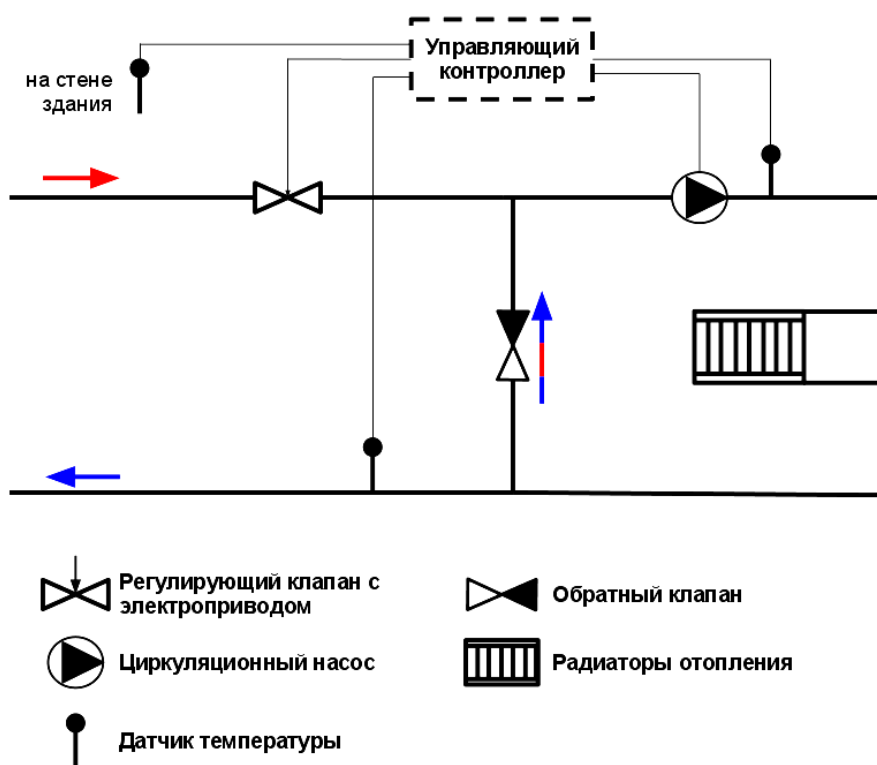


Рисунок 2 - Схема системы автоматического регулирования

Контроллер - головной управляющий орган системы автоматизированного регулирования. Он связывает воедино весь комплекс приборов и устройств узла: в него стекаются данные о параметрах в системе, и производится управление всеми исполнительными механизмами.

Регулирующий клапан - основной рабочий орган узла регулирования. Может быть двух - или трехходовым. Его задача регулировать расход теплоносителя в подающем трубопроводе в зависимости от температуры наружного воздуха.

Циркуляционный насос - обеспечивает циркуляцию теплоносителя в системе отопления, благодаря чему, даже удаленные стояки имеют достаточное снабжение теплом. На узлах рекомендуется установка сдвоенных насосов, обеспечивающих безотказную работу всего комплекса

Датчик температуры - измерительный прибор, предназначенный для измерения температуры теплоносителя в системе отопления и наружного воздуха. Функционирование основано на изменении сопротивления материалов чувствительного элемента датчика в зависимости от температуры среды.

## **2. РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И АЛГОРИТМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

### **2.1 Выбор схемы регулирования отпуска тепла**

#### **2.1.1 Характеристики объекта**

В качестве объекта автоматизации спроектирован эскиз здания учебного корпуса, расположенного в городе Екатеринбург.

Основные характеристики объекта:

- количество этажей – 4;
- отапливаемая площадь – 1237,4 м<sup>2</sup>;
- отапливаемый объем – 3712,2 м<sup>3</sup>;
- численность постоянно пребывающих в здании человек – 180.

#### **2.1.2 Характеристика тепло потребляемых установок здания**

По способу подключения отопительной системы к теплоснабжающей – зависимое, по способу присоединения к системе теплоснабжения горячего водоснабжения – открытое, система отопления - централизованное, двухтрубное.

Проект разработан на расчетную минимальную температуру наружного воздуха -35°С, для г. Екатеринбурга. Теплоснабжение осуществляется от центральной теплосети с параметрами теплоносителя:

- температура теплоносителя в подающем трубопроводе 130°С;
- температура теплоносителя в обратном трубопроводе 70°С.

Характеристики систем:

- система отопления: зависимая;

– система горячего водоснабжения (далее – ГВС): открытая, циркуляция теплоносителя через теплообменник.

Теплоносителем в системе является подготовленная вода с температурой в прямом и обратном трубопроводе по температурному графику 130/70°C соответственно.

### **2.1.3 Расчет тепловых нагрузок и теплопотребления**

По режиму потребления тепла в течение года различают сезонные и круглогодичные тепловые нагрузки.

К сезонным нагрузкам относят тепловые нагрузки на отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. Они имеют относительно постоянный суточный график и переменный годовой график. Величина отопительной нагрузки в течение года зависит от метеорологических условий данного отопительного периода и может значительно отличаться от нагрузок отопительных периодов предыдущих лет. Изменение отопительной нагрузки в течение суток зависит от теплоустойчивости ограждающих конструкций здания.

К круглогодичным тепловым нагрузкам относят нагрузку горячего водоснабжения и технологическую нагрузку. Величина и характер нагрузки горячего водоснабжения зависят от типа теплопотребляющего объекта, степени благоустройства жилых и других зданий, от вида теплопотребителей и от режима потребления горячей воды потребителями.

Общая тепловая нагрузка здания учебного корпуса 0,27Гкал/ч, в том числе:

- отопление здания – 0,185 Гкал/ч;
- горячее водоснабжение – 0,085 Гкал/ч.

Исходные данные для расчета теплопотерь представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные для расчета теплопотерь

Название элемента	Значение	Ед. измерения
Площадь пола	1273	м.кв.
Площадь потолка	1273	м.кв.
Высота помещения	3,0	м
Общая площадь окон	135	м.кв.
Высота расположения окон	1,0	м
Общая площадь дверей(ворот)	200,0	м.кв.
Площадь наружных стен	1900	м.кв.
Коэф. теп. пер.(КТП) через окна	1,80	Вт/м <sup>2</sup> *С
КТП через двери/ворота	1,00	Вт/м <sup>2</sup> *С
КТП через наруж. стены	0,80	Вт/м <sup>2</sup> *С
КТП через потолок	0,80	Вт/м <sup>2</sup> *С
КТП через пол	0,30	Вт/м <sup>2</sup> *С
Треб. темп. внутри помещения	20,0	гр. С
Наружная температура мин.	-35,0	гр. С
Среднегодовая температура.	3,1	гр. С
Коэфф. сменности объема	1,0	Об./час
Температурный градиент (изменение t по высоте)	2,5	гр.С/м

Теплопотери объекта автоматизации представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Теплопотери объекта автоматизации

Наименование теплопотерь	Значение	Ед. измерения
Через пол	10359	Вт
Через потолок	62886	Вт
Через окна	13790	Вт
Через входные двери/ворота	11600	Вт
Через наружные стены	88160	Вт
Суммарные теплопотери	186795	Вт
<b>Через вентиляцию</b>	73096	Вт
<b>Общие потери</b>	259891	Вт
<b>Чистые тепловые потери</b>	<b>259891</b>	Вт
Удельная тепловая мощн. на 1м <sup>2</sup>	204	Вт/м.кв.
Удельная тепловая мощн. на 1 м <sup>3</sup>	68	Вт/м.куб.

Расчет энергопотребления объекта автоматизации представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Расчет энергопотребления объекта автоматизации

Название элемента	Значение	Ед. измерения
1	2	3
Ночная температура	25,0	гр. С
К-т сменности объема ночью	0,10	



Окончание таблицы

1	2	3
Время поддержания дневной t	12,0	час/24ч.
Время поддержания ночной t	12,0	час/24ч.
Режим поддержания t(за неделю)	7	дней
Стоимость 1кВтч(ориентировочно)	0,52	руб/кВтч.
<b>Дневное энергопотребление</b>		
Пол	28269	кВтч/год
Потолок	80960	кВтч/год
Окна	17544	кВтч/год
Ворота и двери	14804	кВтч/год
Наружные стены	112513	кВтч/год
Вентиляция	100188	кВтч/год
Суммарное энергопотребление	354278	кВтч/год
<b>Ночное энергопотребление</b>		
Пол	36633	кВтч/год
Потолок	101869	кВтч/год
Окна	22976	кВтч/год
Ворота и двери	19184	кВтч/год
Наружные стены	152043	кВтч/год
Вентиляция	12089	кВтч/год
Суммарное энергопотребление	344794	кВтч/год
<b>Общее энергопотребление</b>	699072	кВтч/год
Внутренние источники тепла	0	кВтч/год
<b>Чистое энергопотребление</b>	<b>699072</b>	кВтч/год
<b>Годовые затраты</b>	<b>363517</b>	руб/год

#### 2.1.4 Выбор функциональной схемы регулирования

Функциональные схемы автоматизации являются основным техническим документом, определяющим структуру и характер автоматизации технологических процессов, оснащение приборами и средствами автоматизации.

При разработке функциональных схем автоматизации необходимо учитывать:

- специфику объекта автоматизации (вид и характер процесса, условия взрывоопасности и пожароопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды);
- возможность дальнейшей модернизации и наращивания функций управления;

– места установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов и расстояния от них до пунктов управления и контроля;

– однотипность средств автоматизации и унифицированность систем, характеризуемая взаимозаменяемостью и удобством компоновки [2].

Функциональная схема регулирования должна проектироваться, как правило, на основе технических средств автоматизации, серийно выпускаемых отечественными предприятиями. Предпочтение должно отдаваться унифицированным системам и однотипным техническим средствам, обеспечивающим взаимозаменяемость, простоту сочетания друг с другом и удобство компоновки на щитах .

На функциональных схемах условными графическими обозначениями изображают технологическое оборудование и трубопроводы, органы управления, приборы и средства автоматизации, показывают взаимодействие технологического оборудования и элементов автоматики, и связи между элементами автоматизации.

При производстве работ по монтажу и наладке систем автоматизации должны соблюдаться требования СНиП 3.05.07-85, СНиП 3.01.01-85, СНиП III-3-81, СНиП III-4-80 и ведомственных нормативных документов, утвержденных в порядке, установленном СНиП 1.01.01-82.

СНиП 3.05.07-85 «Системы автоматизации» распространяются на производство и приемку работ по монтажу и наладке систем автоматизации (контроля, управления и автоматического регулирования) технологических процессов и инженерного оборудования на строительстве новых, расширении, реконструкции и техническом перевооружении действующих предприятий, зданий и сооружений отраслей народного хозяйства.

Для автоматизации теплоснабжения здания учебного корпуса выбрана функциональная схема системы автоматизации регулирования теплоснабжения, представленная на рисунке 3.

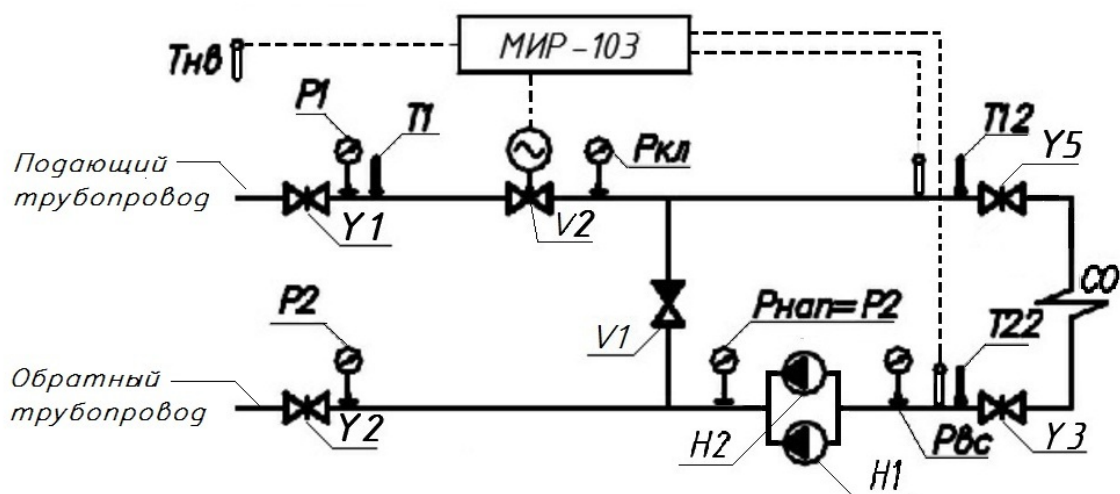


Рисунок 3 – Функциональная схема системы автоматизации регулирования теплопотребления

В приборе имеется два независимых контура управления: контур системы центрального отопления (ЦО) и контур системы горячего водоснабжения (ГВС).

Для нашей системы мы будем использовать только один контур – центральное отопление.

В состав системы входит следующее оборудование:

- ТНВ – датчик температуры наружного воздуха;
- Т1 – датчик температуры прямой сетевой воды (подача);
- Т12 – датчик температуры отопления (контрольная точка);
- Т22- датчик температуры обратной сетевой воды (обратка);
- V1 – обратный клапан;
- V2 – клапан запорно-регулирующий (КЗР);
- Н1 – циркуляционный насос №1 (основной);
- Н2 – циркуляционный насос №2 (резерв);
- P1 – манометр подающего трубопровода;
- Pкл- манометр давления после клапана;
- Pнап-манометр потока насоса;
- |-----| – линии управления;

- СО- система отопления;
- Y1, Y2, Y3, Y4- контрольные задвижки (На случай перекрытия участка трубопровода для ремонта, проверки и так далее).

Система автоматизированного регулирования тепла представляет собой систему из датчиков температуры, клапана запорно-регулирующего (КЗР), обратного клапана, циркуляционных насосов (основной, резервный), датчика давления, контроллера и аппаратуры связи (в случае, если требуется дистанционное управление системой).

Регулирование проводится по заданному температурному графику отопления с учетом реальных измеренных значений температур наружного воздуха и воздуха в контрольном помещении здания, с помощью устанавливаемых датчиков снаружи и внутри здания, а также температуры в подающем и обратном трубопроводе. Эти данные передаются в контроллер шкафа управления. Контроллер анализирует показания датчиков и выдает команду на регулирующий клапан в соответствии с заданным графиком. При этом система автоматически производит коррекцию выбранного графика с учетом отклонения температуры воздуха в контрольном помещении от заданного значения.

Контроллер обеспечивает снижение на заданную глубину тепловой нагрузки здания в заданный промежуток времени (режим выходного дня и ночной режим). Возможность ввода аддитивных поправок к измеряемым значениям температур позволяет адаптировать режимы работы системы регулирования к каждому объекту с учетом его индивидуальных характеристик.

## **2.2 Выбор оборудования и определение места установки**

### **2.2.1 Выбор регулирующего устройства**

Контроллер КРЕЙТ Т10.00.103 РЭ МИР-103 с модулем расширения контроллера МУ-71.

Регулятор входит в систему приборов «ТЭКОН-20» и предназначен для:

- преобразования выходных сигналов первичных ИП (главным образом термопреобразователей сопротивления типов ТСМ и ТСР) в соответствующие измеряемые физические величины (в температуру);
- ввода необходимых данных от других модулей через магистраль CAN-BUS при работе в составе системы ТЭКОН-20;
- формирования управляющих сигналов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ - сигналов) на двух связанных дискретных выходах (до 3 пар) для управления реверсивными исполнительными механизмами;
- реализации алгоритмов регулирования на основе входной информации по пропорционально-дифференциальному закону для выработки сигналов ШИМ;
- формирования на основе входной информации или времени дискретных управляющих сигналов на отдельных выходах по запрограммированным законам с выполнением арифметических и логических операций, вычислением алгебраических и тригонометрических функций.

Регулятор имеет:

- шесть основных каналов измерения аналоговых сигналов от ИП с последующим преобразованием в физические величины;

- дополнительный канал измерения аналогового сигнала от встроенного датчика температуры (применяется, например, в качестве датчика температуры холодного спая термопары);
- высокоскоростной (до 300 кБод) интерфейс последовательного обмена в виде магистрали CAN-BUS для возможности начальной настройки регулятора с ПК, а также для обмена данными в процессе работы с другими модулями, подключенными к магистрали;
  - вспомогательный интерфейс последовательного обмена RS-232;
  - шесть дискретных управляющих выходов. Могут использоваться либо попарно для управления реверсивными исполнительными механизмами по принципу «больше/меньше» с возможностью ШИМ, либо каждый выход независимо для целей сигнализации и дискретного управления;
    - один дискретный вход общего назначения типа «сухой контакт»;
    - встроенные энергонезависимые часы реального времени, функционирующие и при отключенном питании;
  - двухстрочный алфавитно-цифровой жидкокристаллический дисплей с подсветкой для индикации значений и названий параметров по выбору пользователя согласно меню, настроенному на этапе пусконаладочных работ, а также для некоторых операций по управлению регулятором, в том числе корректировки параметров;
    - три многофункциональные кнопки для выбора индицируемой на дисплее информации, выбора режима работы и корректировки параметров регулятора.

Внешний вид и нумерация клемм регулятора показан на рисунке 4.

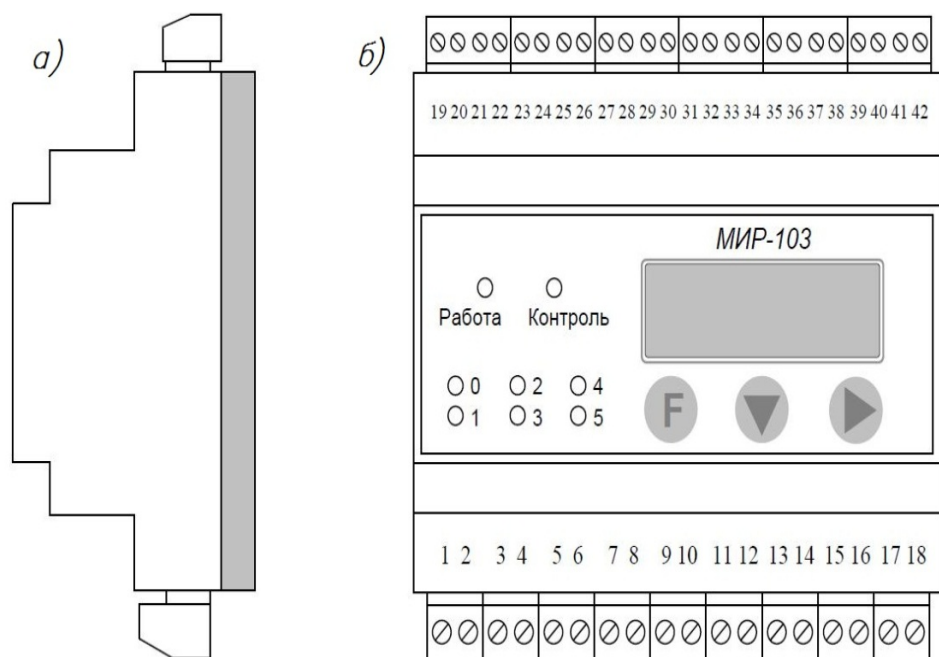


Рисунок 4 – Внешний вид и нумерация клемм регулятора:

а) вид сбоку; б) с передней панели

#### *Устройство и работа прибора*

Регулятор выполнен на основе микропроцессора семейства LPC2xxx, снабженного микросхемой внешней оперативной памяти с доступным объемом 128 Кбайт, а также набором вспомогательных устройств для счета астрономического времени, организации измерений, обмена по интерфейсам связи, индикации и формирования выходных сигналов.

Конструктивно регулятор выполнен в пластмассовом корпусе типа Railtec (производство фирмы ОКW). Корпус предназначен для щитового крепления на DIN-рельс. Подключение всех внешних связей, кроме интерфейса RS-232, производится к разъемным клеммным колодкам под винт, расположенным в основании торцевых стенок регулятора. Подключение интерфейса RS-232 производится к порту USB компьютера с помощью адаптера USB – RS-232 T10.00.92 через 4-контактный разъем розетки типа USB-A, расположенный под лицевой панелью прибора. Назначение контактов разъема приведено в таблице 3.2. На верхней крышке регулятора расположены органы управления и индикации – три

многофункциональные кнопки, двухстрочный жидкокристаллический дисплей и 8 светодиодных индикаторов

Основной принцип работы регулятора заключается в циклическом повторении с задаваемым при настройке периодом (шагом регулирования) определенной последовательности операций ввода и преобразования информации с выдачей рассчитанных управляющих сигналов.

Для снижения шумов во входных сигналах измеренные значения напряжения на входах АЦП программно фильтруются путем вычисления среднего арифметического значения для нескольких последних шагов регулирования. Число шагов усреднения задается при настройке в диапазоне от 1 (нет фильтрации) до 8 (максимальная фильтрация).

Регулятор обеспечивает защиту от несанкционированного чтения и изменения заводских и рабочих настроек через двухуровневую систему паролей. Регулятор обеспечивает сохранение без искажения информации о введенных константах, задачах и характеристиках, размещенных в постоянной репрограммируемой памяти с электрическим стиранием и записью информации, в течение всего срока службы. Число циклов перезаписи до 100000.

Регулятор обеспечивает сохранение без искажения даты и времени, среднечасовых и архивных параметров, размещенных в оперативной памяти (ХОЗУ) с питанием от встроенной литиевой батарейки, в течение не менее 10 000 часов с момента отключения первичного источника питания. Питание регулятора – внешний источник постоянного тока напряжением 18–36 В. Потребляемая мощность не более 3 Вт. Изоляция измерительных электрических цепей относительно цепей питания выдерживает в течение 1 минуты действие испытательного напряжения практически синусоидальной формы амплитудой 500В, частотой от 45 до 65 Гц при нормальных климатических условиях. Минимально допустимое электрическое сопротивление изоляции электрических цепей питания относительно корпуса не менее 20 МОм при нормальных климатических условиях.



Регулятор устойчив и прочен к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха согласно группе исполнения С3 по ГОСТ Р 52931. Регулятор устойчив и прочен к воздействию атмосферного давления согласно группе исполнения Р1 по ГОСТ Р 52931. Регулятор устойчив и прочен к воздействию механических нагрузок согласно группе исполнения L1 по ГОСТ Р 52931. Защищенность регулятора от проникновения воды и внешних твердых предметов соответствует степени защиты IP20 по ГОСТ 14254. Регулятор прочен к воздействию климатических факторов и механических нагрузок в транспортной таре при транспортировании автомобильным и железнодорожным транспортом, а также авиатранспортом в герметизированных и отапливаемых отсеках в соответствии с ГОСТ Р 52931. Габаритные размеры регулятора не превышают 110x70x65 мм. Масса регулятора не более 0,5 кг. Средняя наработка на отказ не менее 25000 ч. Критерием отказа является несоответствие требованиям ТУ 4217-022-44147075-12.

Средний срок службы не менее 12 лет. Критерием предельного состояния является превышение затрат на ремонт 50% стоимости нового прибора. Среднее время восстановления работоспособного состояния не более 4 часов.

### **2.2.2 Выбор клапана запорно-регулирующего (КЗР)**

В качестве КЗР был выбран клапан модели 25ч945п российского производства.

25ч945п - клапан запорно-регулирующий односедельный с электрическим исполнительным механизмом фланцевый, предназначен для регулирования расхода воды, пара и воздуха в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Применяется, как правило, для комплектования оборудования тепловых станций, центральных систем,

тепличных хозяйств. Фторопластовое уплотнение в затворе обеспечивает требуемую герметичность в положении «закрыто».

Давление: 1,6МПа.

Рабочая среда 25ч945п: вода, пар, воздух, жидкие и газообразные среды, нейтральные к материалам деталей, соприкасающихся со средой.

Температура рабочей среды: от -15 до +150 градусов.

Клапан 25ч945п предназначен для работы при следующих условиях: температура окружающей среды от -15 до +50°; относительная влажность от 30 до 80%; отсутствие непосредственного воздействия солнечных лучей и дождя; рабочая среда не должна содержать механических примесей размером более 70 мкм. Если размер частиц более 70 мкм, то перед клапаном 25ч945п устанавливаются фильтры; установочное положение клапанов 25ч945п относительно трубопровода – любое, преимущественно горизонтальное (ЭИМ вверх), допустимое – до 90° от вертикали с расположением стоек электрического исполнительного механизма в одной вертикальной плоскости, а для  $DN \geq 150$ мм обязательное – горизонтальное, ЭИМ вверх. При наклонном расположении клапана 25ч945п под электрический исполнительный механизм следует установить опоры.

Технические характеристики КЗР 25ч945п представлены в таблице 4:

Таблица 4 - Технические характеристики КЗР 25ч945п

Наименование	Условная пропускная способность, м <sup>3</sup> /ч	Длина, мм.	Масса, кг.
КЗР 25ч945п Ду- 80	40;50;63;80;100;160	310	34

Принцип работы 25ч945п:

Регулирование потока рабочей среды осуществляется путем перемещения плунжера относительно седла и изменения тем самым пропускной способности клапана по сигналу, поступающему на электрический исполнительный механизм. Усилие, развиваемое ЭИМ, передается на плунжер, который перемещается вверх и вниз, изменяя

площадь открытого проходного отверстия седла. Герметичность клапана 25ч945п относительно внешней среды обеспечивается прокладками и сальниковым уплотнением.

### 2.2.3 Выбор циркуляционного насоса

Циркуляционный насос выбираются по следующим характеристикам: напор (H) и подача (V).

При выборе циркуляционных насосов для системы отопления следует принимать, напор:

$$H = \frac{\Delta P \cdot v \cdot 10^6}{g} = \frac{0,1 \cdot 3,5 \cdot 10^6}{9,8 \cdot 3600} = 9,9 \text{ м}, \quad (4)$$

где  $v$  – удельный объем теплоносителя во входном трубопроводе, м<sup>3</sup>/час;

$\Delta P$  – разность давлений в напорном и всасывающем патрубках насоса определяется, как разность давлений теплоносителя в подающем и в обратном трубопроводах, МПа;

$g = 9,8 \text{ м}^2/\text{с}$  – ускорение свободного падения.

Максимальный расход теплоносителя определен и составляет 7,2 т/ч.

Подача насоса нагреваемой среды системы отопления вычисляется по формуле:

$$V = 1,1 \cdot G_{max} \cdot v = 1,1 \cdot 7,2 \cdot 3,5 \cdot 10^3 / 3600 = 7,7 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (5)$$

По результатам проведенных расчетов, выбран насос марки UPF 50-120, так как необходимо проходное сечение 50 мм и подходят напорно-расходные характеристики. Насосов необходимо два - основной и резервный

Циркуляционный насос UPF 50-120 - циркуляционные насосы с «мокрым» ротором и фланцевыми соединениями. Проходное сечение насоса DN 50.

Насос UPF 50-120 предназначен для перекачивания теплоносителя в системах отопления с постоянным расходом. Насосы этой серии предназначены для систем отопления больших размеров.

Рабочие жидкости — чистая вода малой жесткости, маловязкие, неагрессивные и невзрывоопасные жидкости без твердых или длинноволокнистых включений, а также примесей, содержащих минеральные масла.

На рисунке 5 представлен внешний вид циркуляционного насоса UPF 50-120.



Рисунок 5 – Внешний вид циркуляционного насоса UPF 50 - 120

Технические характеристики циркуляционного насоса UPF 50 - 120 представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики циркуляционного насоса UPF 50 - 120

Характеристика	Значение
Материал корпуса насоса	чугун
Максимальная температура теплоносителя	+110 С
Максимальное давление в системе	20 бар
Максимальная допустимая температура окружающей среды	+40 С.
Питание от электросети	230 В, 50 Гц
Мощность макс	1000 Вт
Напор макс	12 м
Производительность макс	20 бар
Проходное сечение	50
Монтажная длина	280 мм

## 2.2.4 Датчики температуры

Для непрерывного измерения температуры как в здании, так и температуры внешней среды термометр сопротивления медный ТСМ ОВЕН ДТС035 50М В3 80

Термометр сопротивления медный ТСМ ОВЕН ДТС035 50М В3 80 является датчиком температуры и предназначен для непрерывного измерения температуры различных сред и работает совместно с приборами, имеющими вход под термосопротивления.

Под заказ термосопротивления ДТС035 могут изготавливаться в следующих исполнениях:

- с увеличенной коммутационной головкой (исполнение ДТС035Л) для монтажа нормирующих преобразователей (выход 4..20 мА);
- с металлической коммутационной головкой (исполнение МГ);
- датчики классом допуска "А" идут на 20% дороже стандартных датчиков класса "В";
- датчики с двумя чувствительными элементами (исполнение 2ДТС035);
- взрывозащищенные датчики исполнением 0ExiallC (исполнение ДТС035 Ex), которые стоят на 100% дороже стандартных термосопротивлений.

Технические характеристики на термопреобразователь ДТС035 50М В3 80 отображена в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики на термопреобразователь ДТС035 50М В3 80

Характеристика	Значение
1	2
Материал корпуса	нержавеющая сталь 12Х18Н10Т
Длина погружной	80 мм
Резьба штуцера	М20х1.5
Диапазон измеряемых температур	-50..+180 град С

Окончание таблицы

1	2
Условное давление	10 МПа (100 кгс/см <sup>2</sup> )
Диаметр датчика	8 мм
Исполнение коммутационной головки	пластмасса
Номинальная статическая характеристика	НСХ: 50М
Класс допуска	В
Схема внутренних соединений проводников	3 - трехпроводная (под заказ 2 и 4-проводная)
Степень защиты	IP54

Чертеж датчика ДТС035 представлен на рисунке 6.

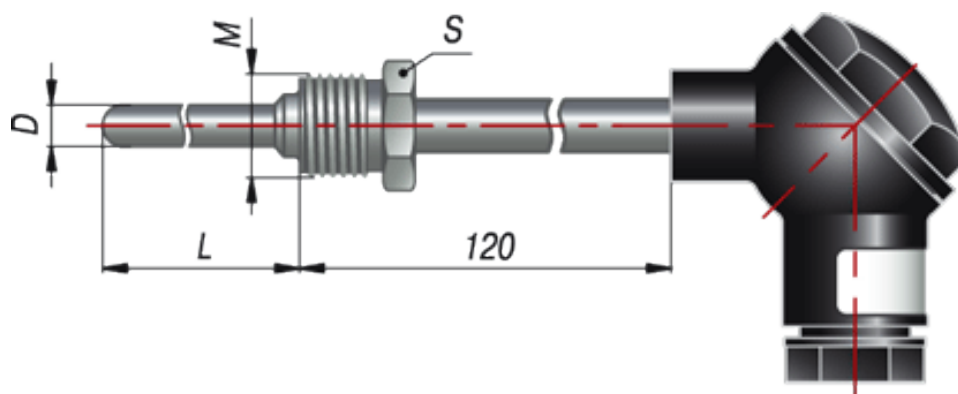


Рисунок 6 - Чертеж датчика ДТС035

После выбора основных элементов системы, подбираем остальное оборудование необходимое для нормального функционирования системы автоматического регулирования тепла.

Оборудование, необходимое для автоматизации объекта представлено в таблице 7.

Таблица 7 - Оборудование, необходимое для автоматизации объекта

Наименование	Обозначение	Кол. шт.	Общая стоимость, руб.
1	2	3	4
Контроллер для систем отопления, КРЕЙТ	МИР-103	1	17476,00
Модуль расширения контроллера, КРЕЙТ	МУ-71	1	11790,00
Датчик температуры наружного воздуха	ДТС035-50М.В3.80	2	1299,40

Окончание таблицы

1	2	3	4		
Датчик температуры внутреннего воздуха в здании	ДТС035-50М.В3.80	1	649,70		
Датчик контура отопления (1 Мпа)	Б.П.1.20×1,5.40.1	2	2596,00		
Датчик температуры в контурах (прямом, обратном и отоплении)	Погружной	Датчик	ДТС035-50М.В3.80	3	749,30
		Гильза	ГЗ.16.1.1.80		693,84
		Бобышка	Б.П.1.20×1,5.40.1		175,82
Клапан запорно регулирующей с приводом	25ч945п Ду80 КvX Py16 ST0,1	1	52500,00		
Обратный клапан фланцевый	Zetkama V287-080	1	9156,00		
Задвижка	31ч66р Ду80	4	4920,00		
Насос циркуляционный	UPF 50-120	2	34912,00		
1	2	3	4		
Шкаф навесной коммутационный 700×700×300	600×600×250	1	3100,00		
Блок питания 24В/5А	24В/5А	1	3100,00		
Пускатель для насоса	12А ~220В 1НО ПМУ ШЭ	2	648,00		
Выключатель автоматический двухполюсный	2Р 10А	1	600,00		
Выключатель автоматический трехполюсный	3Р 15А	3	1500,00		
Выключатель автоматический трехполюсный	3Р 32А	1	1290,00		
Кабельная продукция			2000,00		
Общая стоимость с НДС			176004,15		
Общая стоимость без НДС			149156,06		

Расположение оборудования на объекте автоматизации отображено в [приложении А](#).

Спроектирована принципиальная схема централизованного отопления здания, представленная в [приложении Б](#).

### 2.3 Разработка алгоритмов систем регулирования

Для достижения максимальной выгоды при использовании САРТ, были разработаны следующие алгоритмы регулирования:

- алгоритм режима быстрого прогрева здания;
- алгоритм формирования температуры и графиков;
- алгоритм формирования уставок регулирования.

Для разработки алгоритмов была использована библиотека функций программы визуального программирования РОМБ для контроллера МИР – 103.

### 2.3.1 Алгоритм режима быстрого прогрева здания

Алгоритм служит для быстрого повышения температуры воздуха внутри здания за счет повышения температуры теплоносителя при понижении температуры внешнего воздуха ниже заданного минимума.

При создании данного алгоритма были использованы следующие элементы библиотеки:

- линейный датчик;
- арифметические функции (Сложение , вычитание, умножение элементов);
- выбор параметра («переключатель»);
- функция «усреднения параметра на отрезке времени»;
- функция «архив часов на 32 суток»;
- функция «архив интервалов».

Структура алгоритма «режима быстро прогрева здания» представлена в [приложении В](#).

Описание работы элементов алгоритма:

Функция *«усреднение параметра на отрезках времени»* предназначена для усреднения значения параметра с плавающей запятой  $X$  в течение измерительного интервала, астрономического часа и календарных суток.

На каждом шаге для каждого отрезка времени выполняется последовательность из трех операций по формулам:

$$N_i = N_{i-1} + 1, \quad (6)$$

$$S_i = S_i + X_i, \quad (7)$$

$$X_{cp} = S_i / N_i, \quad (8)$$



где  $N$  – число шагов с начала отрезка;

$X$  – мгновенное значение входного параметра на данном шаге;

$S$  – накапливаемая сумма замеров с начала отрезка;

$X_{ср}$  – параметр «среднее значение за текущий отрезок».

На первом шаге нового отрезка времени его параметры  $N$  и  $S$  очищаются, старое значение параметра  $X_{ср}$  сохраняется как параметр «среднее значение за предыдущий отрезок», и расчеты среднего значения за новый отрезок по формуле (5) возобновляются

Функции «*архив часов на 16 суток*», «*архив часов на 32 суток*» и «*архив часов на 64 суток*» позволяют сохранить значения назначенного входного параметра с плавающей запятой, записываемые в моменты смены астрономического часа в течение 16, 32 или 64 суток соответственно.

В качестве входного параметра архива обычно назначается выходной параметр «среднее значение за предыдущий час» из задачи «Усреднение на отрезках времени». Кроме того, допускается архивировать экстремальные значения за предыдущий час из задач определения экстремумов (см. ниже) или какой-нибудь накопленный параметр (например, время работы).

Запись в архив автоматически производится на втором цикле работы в каждом часе, чтобы все значения «за предыдущий час» были уже гарантированно сформированы. Запись производится «по кольцу» и, таким образом, полностью обновляется в течение 16, 32 или 64 суток соответственно. Архивы работают аналогично таким же часовым архивам ТЭКОН-19;

Любое архивное значение может быть считано через каналы последовательного обмена, а также просмотрено через настроенное архивное меню дисплея.

Функция «*архив интервалов*» позволяет сохранить значения назначенного входного параметра с плавающей запятой, записываемые в моменты смены измерительного интервала длиной от 1 до 30 минут (обычно 5 минут). Глубина архива 1440 значений.

Длительность интервала задается на этапе настройки. В качестве входного параметра архива обычно назначается выходной параметр «среднее значение за предыдущий интервал» из задачи «Усреднение на отрезках времени». Кроме того, допускается архивировать экстремальные значения за предыдущий интервал из задач определения экстремумов (см. ниже) или какой-либо накопленный параметр.

Запись в архив автоматически производится на втором цикле работы в каждом интервале, чтобы все значения «за предыдущий интервал» были уже гарантированно сформированы. Запись производится «по кольцу» и, таким образом, при длительности интервала «N» минут полностью обновляется в течение «N» суток.

Архивы работают аналогично таким же архивам ТЭЖОН-19. Любое архивное значение может быть считано через каналы последовательного обмена, а также просмотрено через настроенное архивное меню дисплея;

Функция «переключатель». Назначает в качестве выходного параметра Y один из двух параметров с плавающей запятой X1 или X2 в зависимости от значения битового параметра P:

$$Y = X1 \text{ при } P=0, \quad (9)$$

$$Y=X2 \text{ при } P=1. \quad (10)$$

Функция «линейный датчик». Позволяет рассчитать значение выходного параметра Y, линейно зависящее от входного параметра X по формуле:

$$Y = Y_{\min} + (X - X_{\min}) * (Y_{\max} - Y_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}), \quad (11)$$

где X - входной параметр;

Y - выходной параметр;

X<sub>min</sub>, X<sub>max</sub> - пределы изменения по входному параметру;

Y<sub>min</sub>, Y<sub>max</sub> - пределы изменения по выходному параметру.

При выходе входного параметра за заданный диапазон (X<sub>min</sub>, X<sub>max</sub>) выходной параметр ограничивается на соответствующем уровне (Y<sub>min</sub>, Y<sub>max</sub>), но никаких сигналов отказа не формируется.

### 2.3.2 Алгоритм формирования температуры и графиков

При разработке данного алгоритма были использованы следующие элементы библиотеки:

- простые арифметические операции (Сложение элементов, вычитание элементов, умножение элементов, вычесть из элемента коэффициент, деление элементов);
- функции «ввод внешнего параметра».

Функции «ввод внешнего параметра через dT», «ввод внешнего битового параметра» могут использоваться в тех случаях, когда регулятор работает в составе системы, объединяющей несколько модулей ТЭКОН-20 магистралью CAN-BUS, а для работы регулятора необходим параметр, имеющийся в одном из этих модулей.

Таким параметром в алгоритмах может быть произвольный параметр с плавающей запятой или параметр времени,. При настройке указывается сетевой номер внешнего модуля, номер параметра, извлекаемого из него, и внутренний номер полученного параметра в регуляторе.

### 2.3.3 Алгоритм формирования уставок регулирования

При создании данного алгоритма использовались только базовые арифметические функции.

- сложение переменных

$$Y=X1+X2; \quad (12)$$

- сложение переменной и коэффициента

$$Y=X1+K; \quad (13)$$

- вычитание переменных

$$Y=X1-X2; \quad (14)$$

- вычитание коэффициента из переменной

$$Y=X1-K; \quad (15)$$

– вычитание переменной из коэффициента

$$Y=K-X1; \quad (16)$$

умножение переменной на переменную

$$Y=X1*X2; \quad (17)$$

– умножение переменной на коэффициент

$$Y=X1*K; \quad (18)$$

– деление переменной на переменную

$$Y=X1/X2; \quad (19)$$

– деление переменной на коэффициент

$$Y=X1/K; \quad (20)$$

– деление коэффициента на переменную

$$Y=K/X1. \quad (21)$$

где  $X1, X2$ - переменные;

$Y$ - выходной сигнал;

$K$ - коэффициент.

Структура алгоритма «формирования уставок регулирования» представлена в [приложении Д](#).

## 2.4 Методическая часть

### 2.4.1 Педагогический адрес

Данное методическое обеспечение разработано для студентов СПО, обучающихся специальности 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование». Для студентов данной специальности профессиональный модуль ПМ 01 «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения» является одним из основных. В его состав входит междисциплинарный курс МДК 01.01. «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения», в ходе которого у обучаемых формируются

профессиональные компетенции ПК 1.1, ПК 1.2, ПК 1.3. Мы рассмотрим формирования профессиональной компетенции 1.2 «Управлять режимами работы теплотехнического оборудования систем тепло и топливоснабжения».

В данном методическом обеспечении представлена практическая работа с использованием стенда. Данный лабораторный стенд предоставляет возможности регулирование системами теплоснабжения с использованием термоконтроллера и ПИ регулятора. Проводя практические работы на данном стенде, студент может увидеть работу системы теплоснабжения на примере этой установки.

#### **2.4.2 Учебный материал**

Тема: «САРТ и ее алгоритмы»

Содержание лекции:

1. Основные задачи САРТ.
2. Системы теплоснабжения:
  - 2.1 Открытые системы теплоснабжения.
  - 2.2 Закрытые системы теплоснабжения.
3. Функционирование системы автоматического регулирования.
4. Классификация систем регулирования по алгоритму функционирования.

#### **Основные задачи САРТ:**

Устранение подачи на объект теплоносителя с завышенными и с заниженными параметрами, при этом регулирование параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха происходит с минимальной инерцией.

Регулирование температуры теплоносителя в обратном трубопроводе теплосети для исключения применения штрафных санкций со стороны энергоснабжающих организаций за превышение данной температуры. САРТ позволяет ограничить забор теплоносителя из сети и запустить его из

обратного трубопровода повторно в систему отопления. И так до тех пор, пока его температура не достигнет нормы.

Экономия тепловой энергии за счет понижения температуры теплоносителя в ночные часы, а также в выходные и праздничные дни.

Поддержание заданного температурного режима в здании по датчикам, размещенным в контрольных помещениях.

Также в системах САРТ предусматривается техническая возможность выдачи сигналов в единый диспетчерский центр о выходе регулируемых параметров за пределы регулирования

### **Системы теплоснабжения**

Теплоснабжением называют снабжение теплом жилых, общественных и промышленных зданий и сооружений для обеспечения как коммунально-бытовых (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение), так и технологических нужд потребителей. Теплоснабжение бывает местным и централизованным.

### **Открытые системы теплоснабжения**

Открытые системы теплоснабжения характеризуются тем, что водоразбор горячей воды для нужд потребителя происходит непосредственно из теплосети, может быть полным или частичным.

Зависимые системы теплоснабжения, это такие системы, в которых теплоноситель по трубопроводу попадает сразу в систему отопления потребителя

Независимыми системами теплоснабжения называют системы, в которых отопительное оборудование потребителей изолировано гидравлически от производителя тепла, а для теплоснабжения потребителей используют дополнительные теплообменники центральных тепловых пунктов.

### **Закрытые системы теплоснабжения**

Закрытые системы теплоснабжения – это системы, в которых вода, циркулирующая в трубопроводе, используется только как теплоноситель, и

не забирается из тепло системы для нужд обеспечения горячего водоснабжения.

### **Функционирование системы автоматического регулирования**

САРТ лишен недостатков элеваторных узлов смешения: регулирование производится полностью в автоматическом режиме, при правильном подборе оборудования узел работает практически независимо от перепада давления на вводе, а благодаря насосной циркуляции теплоноситель достигает даже крайних стояков и радиаторов с требуемыми параметрами. В административных зданиях возможна организация понижения температуры воздуха в помещениях в ночное время, выходные и праздничные дни, что даст дополнительную экономию.

### **Классификация систем регулирования по алгоритму функционирования**

Значение регулируемой величины и характер ее изменения, как мы уже убедились, зависят от ряда факторов: задающего воздействия, времени, возмущающего воздействия и т. п. Под алгоритмом, функционирования, или законом регулирования, будем подразумевать функциональную зависимость установившихся, заданных значений регулируемой величины от этих факторов.

Каждая автоматическая система определяется характером ее алгоритма функционирования (закона воспроизведения), характером ее алгоритма управления и наличием (отсутствием) способности к самоприспособливанию. Эти признаки и положены в основу классификации автоматических систем.

По характеру алгоритма функционирования автоматические системы делятся на стабилизирующие, следящие и программные.

В стабилизирующих системах регулируемая величина  $y$  при любых возмущениях  $F(f)$ , действующих на систему, поддерживается регулятором постоянной и равной заданному значению  $y_0$  в пределах допустимых отклонений

$$y = y_0 + \Delta y, \quad (22)$$

где  $\Delta y$  - отклонение регулируемой величины, зависящее от величины возмущения  $F(t)$ , действующего на систему.

Задающие воздействия  $x(t)$  в таких системах являются постоянными, заранее заданными величинами:  $x(t) = \text{const}$ .

К следящим системам автоматического регулирования относятся системы, в которых воспроизведение входной величины, изменяющейся по произвольному закону, осуществляется на выходе системы с допустимой ошибкой.

Автоматические системы, которые заставляют регулируемую величину изменяться по определенному, заранее заданному закону, называются системами программного регулирования.

$x(t)$  по определенному требуемому закону.

По характеру алгоритма управления автоматические системы делятся на автоматические системы с разомкнутой цепью воздействий (разомкнутый цикл регулирования) и автоматические системы с замкнутой цепью воздействий (замкнутый цикл регулирования).

Самоприспосабливающиеся автоматические системы делятся на самоприспосабливающиеся, или самонастраивающиеся, и системы без самоприспосабливания.

### 2.4.3 Структурно логический анализ

Уровень усвоения учебных элементов, пройденных в теме «САРТ и их алгоритмы», представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Уровень усвоения учебных элементов, пройденных в теме «САРТ и их алгоритмы»

№ УЭ	Наименование УЭ	Опорное понятие	Новые понятия	Уровень усвоения
1	2	3	4	5
1	САРТ		+	1
2	Основные задачи САРТ		+	1
3	Состав САРТ		+	1
4	Контроллер		+	1



## Окончание таблицы

1	2	3	4	5
5	Регулирующий клапан		+	1
6	Циркуляционный насос		+	1
7	Датчик температуры		+	1
8	Ведомая величина		+	1
9	Ведущая величина		+	1
10	Алгоритмы функционирования	+		1
11	Стабилизирующие системы		+	1
12	Следящие системы		+	1
13	Программные системы		+	1
14	Закон функционирования		+	1
15	Теплоснабжение	+		1
16	Открытые системы	+		1
17	Закрытые системы	+		1
18	Расход тепла	+		1
19	Теплоноситель	+		1
20	Энергосберегающий эффект		+	1

## Граф учебных элементов

Граф учебных элементов представлен на рисунке 7.

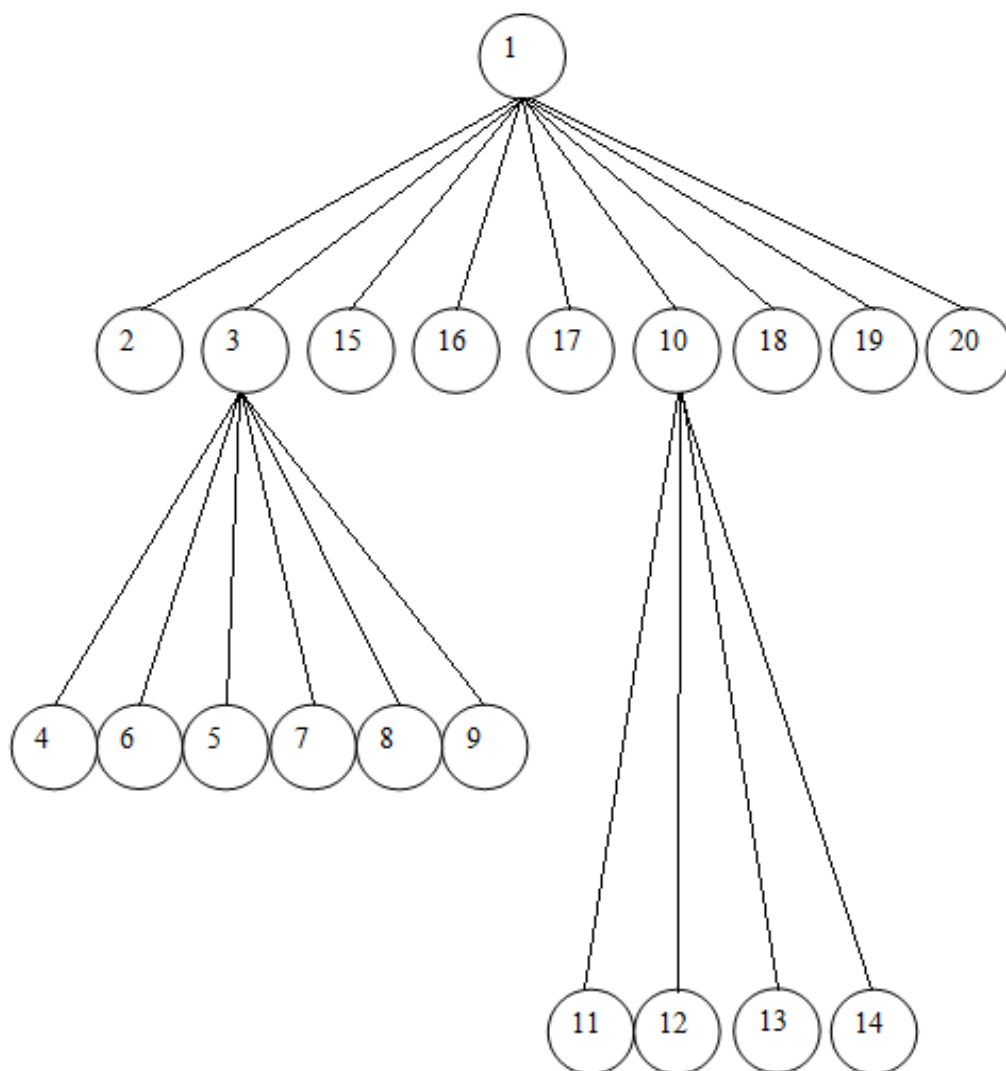


Рисунок 7 - Граф учебных элементов

### 2.4.4 Фонд оценочных средств

В результате освоения темы «САРТ и ее алгоритмы», обучающийся должен:

Знать:

- устройство, принцип действия и характеристики систем автоматического регулирования, сигнализации и защиты теплотехнического

регулирования.

Уметь:

- корректировать алгоритмы САРТ в зависимости от условий;
- выполнять безопасные пуск, остановку и обслуживание во время работы теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения.

Владеть:

- технологией организации процессов бесперебойного теплоснабжения и контроля над температурным режимом тепловых сетей.

### **Спецификация оценочных средств освоения темы**

Спецификация оценочных средств освоения темы представлена в таблице 9.

Таблица 9 - Спецификация оценочных средств освоения темы

Результаты освоения ПМ 01. «Эксплуатация теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения» МДК 01.01. «Эксплуатация, расчет и выбор теплотехнического оборудования и систем тепло и топливоснабжения»	Критерии оценивания	Виды оценочных средств
Уметь: Корректировать алгоритмы САРТ в зависимости от условий; Выполнять безопасные пуск, остановку и обслуживание во время работы теплотехнического оборудования и систем теплоснабжения	Грамотно корректирует алгоритмы в зависимости от условий Правильно подготавливает теплотехническое оборудование и системы тепло- и топливоснабжения к пуску и остановке	Задание № 1 Презентация  Задание №2 Тест
Знать: Устройство, принцип действия и характеристики систем автоматического регулирования, сигнализации и защиты теплотехнического регулирования	Знает составляющие теплотехнического оборудования	Задание №3 Тест
Владеть: Организацией процессов бесперебойного теплоснабжения и контроля над температурным режимом тепловых сетей	Правильно организует процессы теплоснабжения	Практическая работа №1

## **Практическая работа №1**

Практическая работа «Исследование работы системы теплоснабжения. Настройка базовых установок регулятора» представлена в [приложении Ж](#).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе на тему «разработка алгоритмов системы автоматического регулирования отпуска тепловой энергии на комплекс зданий РГППУ», были выполнены следующие задачи:

- изучены преимущества систем автоматического регулирования теплоснабжения;
- изучены существующие условия теплоснабжения учебного корпуса;
- выбрана схема регулирования для здания учебного корпуса;
- рассчитана тепловая нагрузка;
- выбрано оборудование автоматического регулирования теплоснабжения и определено место его установки;
- для получения максимального эффекта от внедрения САРТ были спроектированы алгоритмы регулирования;
- разработана методическая составляющая проекта.

В качестве объекта автоматизации было спроектировано здание учебного корпуса

Внедрение современных комплексных систем автоматизации регулирования теплоснабжения повышает энергоэффективность объекта, обеспечивает централизованный учет тепло и энергоресурсов, обеспечивает высокое качество коммунальных услуг и комфортные условия для потребителей, снижает расходы на эксплуатацию, снижает коммунальные платежи, увеличивает срок службы оборудования.

Система автоматического регулирования тепла представляет собой систему из датчиков температуры, клапана запорно-регулирующего (КЗР), обратного клапана, циркуляционных насосов (основной, резервный), датчика

давления, контроллера и аппаратуры связи (в случае, если требуется дистанционное управление системой).

С помощью устанавливаемых датчиков анализируется температура снаружи и внутри дома, а также температура в подающем и обратном трубопроводе. Эти данные передаются в контроллер шкафа управления. Контроллер анализирует показания датчиков и выдает команду на регулирующий клапан в соответствии с заданным графиком.

Принятая к разработке в проекте схема автоматизации теплоснабжения обеспечивает:

- нормативный уровень теплоэнергосбережения;
- нормативный уровень надежности, определяемый тремя критериями: вероятностью безотказной работы, готовностью (качеством) теплоснабжения и живучестью;
- безопасность эксплуатации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балашов А.А. Проектирование систем отопления и вентиляции гражданских зданий: учебное пособие / А.А. Балашов, Н.Ю. Полунина. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 88 с.
2. Волошенко А.В. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие / А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109с.
3. Дубинин А.М. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие / А.М. Дубинин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 161 с.
4. Копко В.М. Теплоснабжение: курс лекций для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений / В.М. Копко. – Москва: Изд-во АСВ, 2012. – 336 с.
5. Назарова В. И. Современные системы отопления / В. И. Назарова. - Москва: РИПОЛ классик, 2011. - 320 с. : ил. – (Энциклопедия строительства).
6. Покотиллов В. В. Системы водяного отопления. Вена: фирма «HERZ Armaturen», 2008 - 160с.
7. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – Киев: Изд-во «Таки справи», 2007. – 252 с.: ил.
8. Шарапов В.И., Ротов П.В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения/ - Москва: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.; ил.
9. Постановление Правительства РФ от 01.06.2010 № 391 (ред. от 04.09.2015) "О порядке создания государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования" (вместе с "Правилами создания

государственной информационной системы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и условий для ее функционирования").

10. Постановление от 24 марта 2010 г. № 472-ПП «О региональной программе по энергосбережению и повышению энергетической эффективности Свердловской области на 2010 - 2015 годы и целевых установках на период до 2020 года».

11. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты».

12. ГОСТ 23501.101-87 – Системы автоматизированного проектирования. Основные положения.

13. СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации. – Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2011. – 31 с.

14. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

15. СНиП 41-02-2003 Тепловые сети.

16. Автоматизированная система оптимизации теплопотребления учебного заведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.telesystems.info/files/content\\_files/Avtomatizirovannaa\\_sistema\\_optimizacii\\_otoplenia.pdf](http://www.telesystems.info/files/content_files/Avtomatizirovannaa_sistema_optimizacii_otoplenia.pdf).

17. Автоматическое регулирование потребления тепловой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.aiss33.ru/other\\_fotos/auto\\_regulate.pdf/](http://www.aiss33.ru/other_fotos/auto_regulate.pdf/).

18. Актуальность использования систем автоматизации и диспетчеризации. Журнал «ИСУП». № 6(36). 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isup.ru/journals/notice/6-36-2011.php>.

19. Каталог продукции. Официальный сайт «KREIT » [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.kreit.ru/>.

20. Каталог продукции. ООО «РусРэйл Групп» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://energo-novgorod.ru/catalog/>.



21. Регулятор МИР-103. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kreit.ru/cont/i/documents/t10103re.pdf>.

22. Общие требования к автоматизации и регулированию систем отопления и ГВС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vzljot.ru/files/publications/015.pdf/>.

23. Оптимизация теплопотребления зданий с помощью БИТП Теплоком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://contest.schoolnano.ru/wp-content/uploads/programs/teplokom/BC-12.01.2015.pdf>.

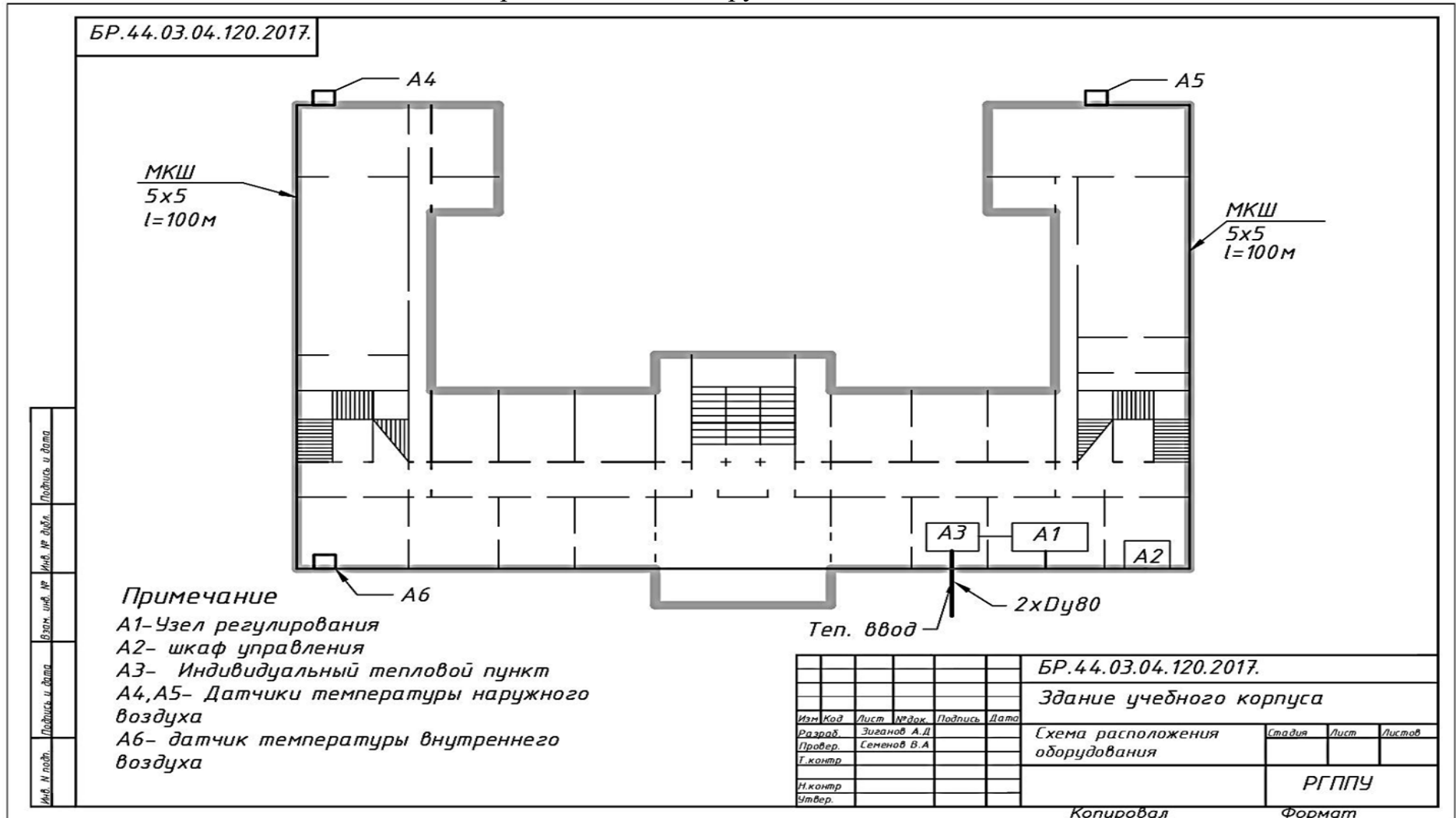
24. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.russian-city-climate.ru/>.

25. Циркуляционные насосы серии UPF [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unipump.ru/products/38/99/>.

26. Циркуляционный насос для систем отопления Grundfos UPS 50-120 F [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.steef.ru/cat/heating/pumps/grundfos/200/UPS\\_200/UPS\\_50-120\\_F/](http://www.steef.ru/cat/heating/pumps/grundfos/200/UPS_200/UPS_50-120_F/).

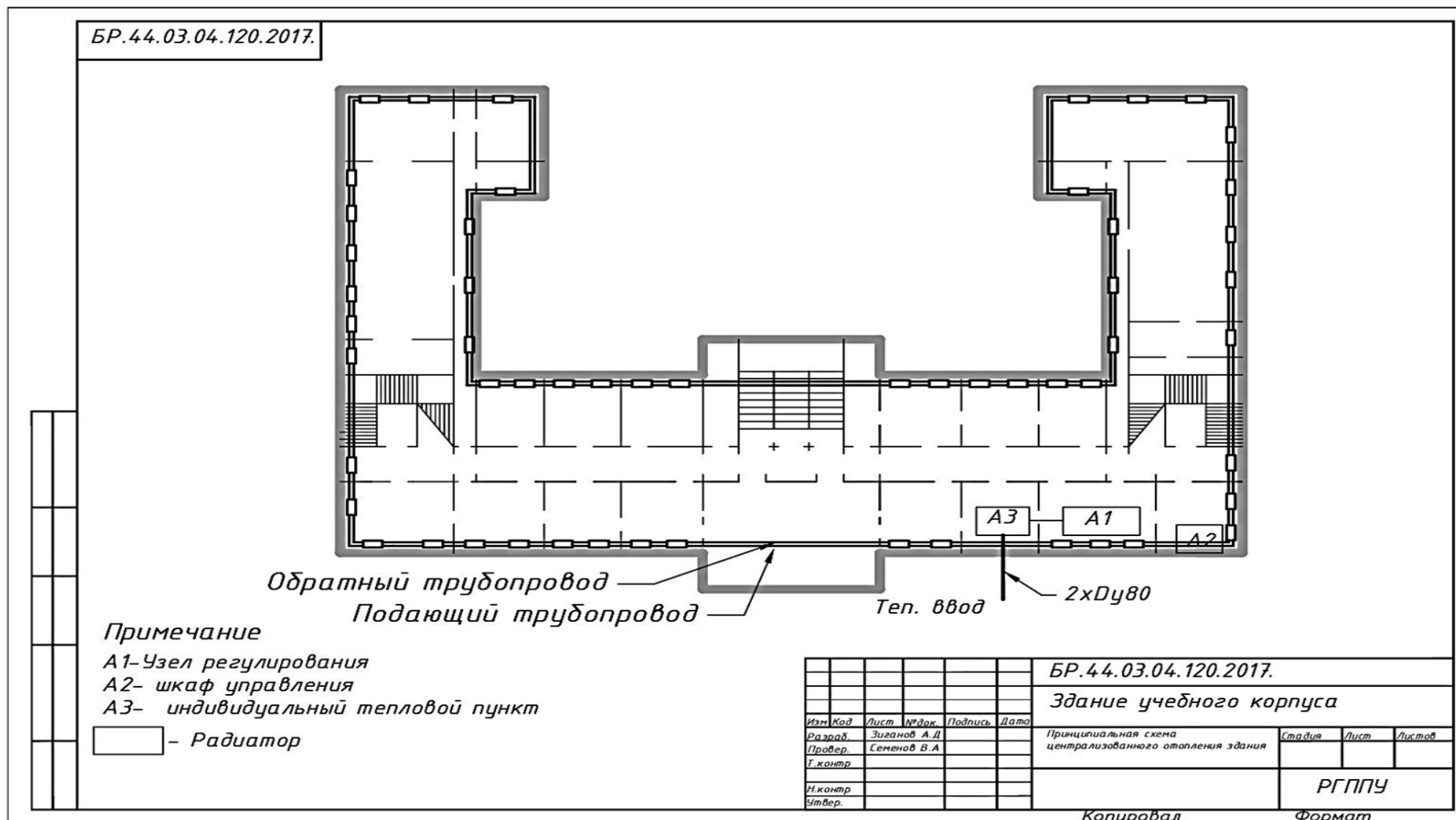
# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема расположения оборудования на объекте



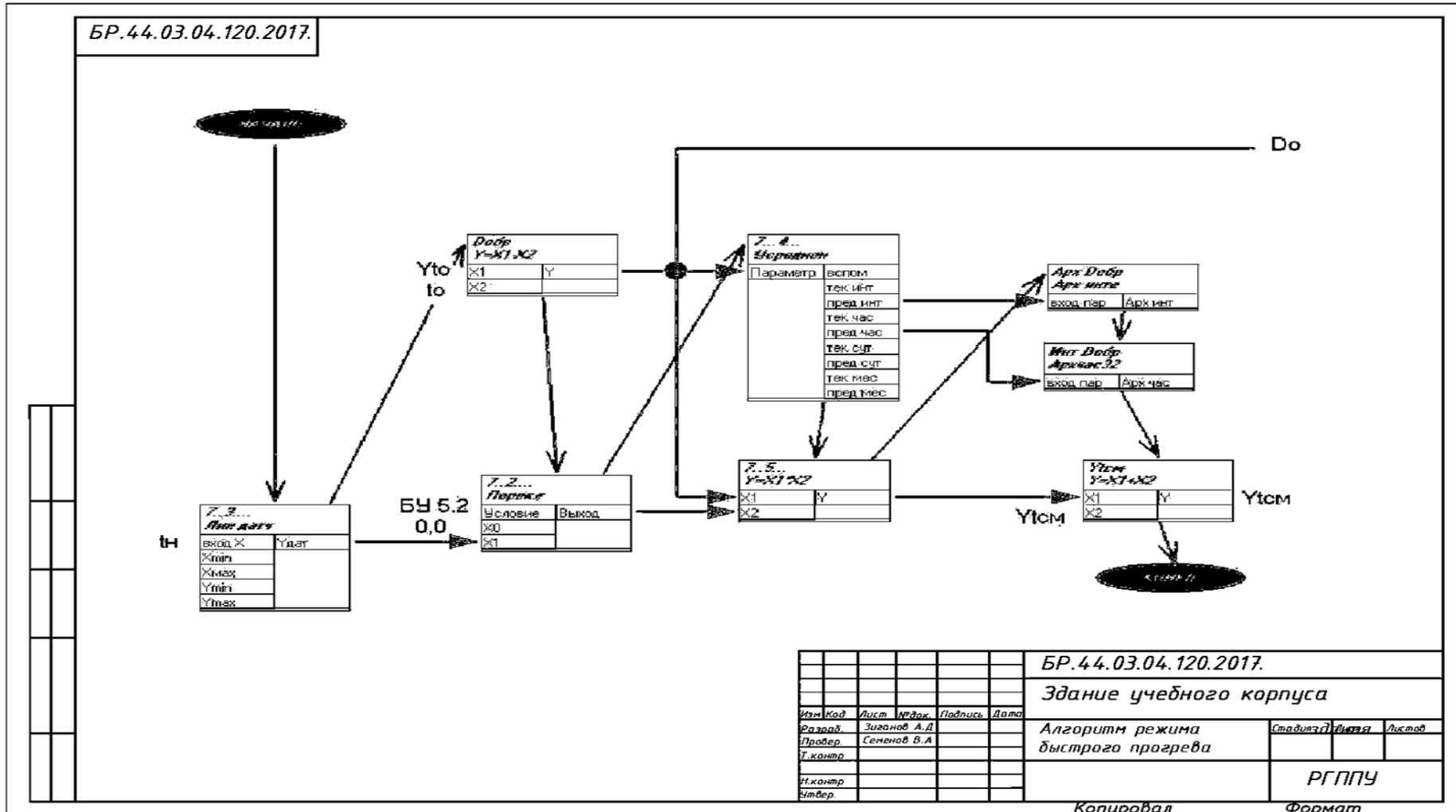
## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Принципиальная схема централизованного отопления здания



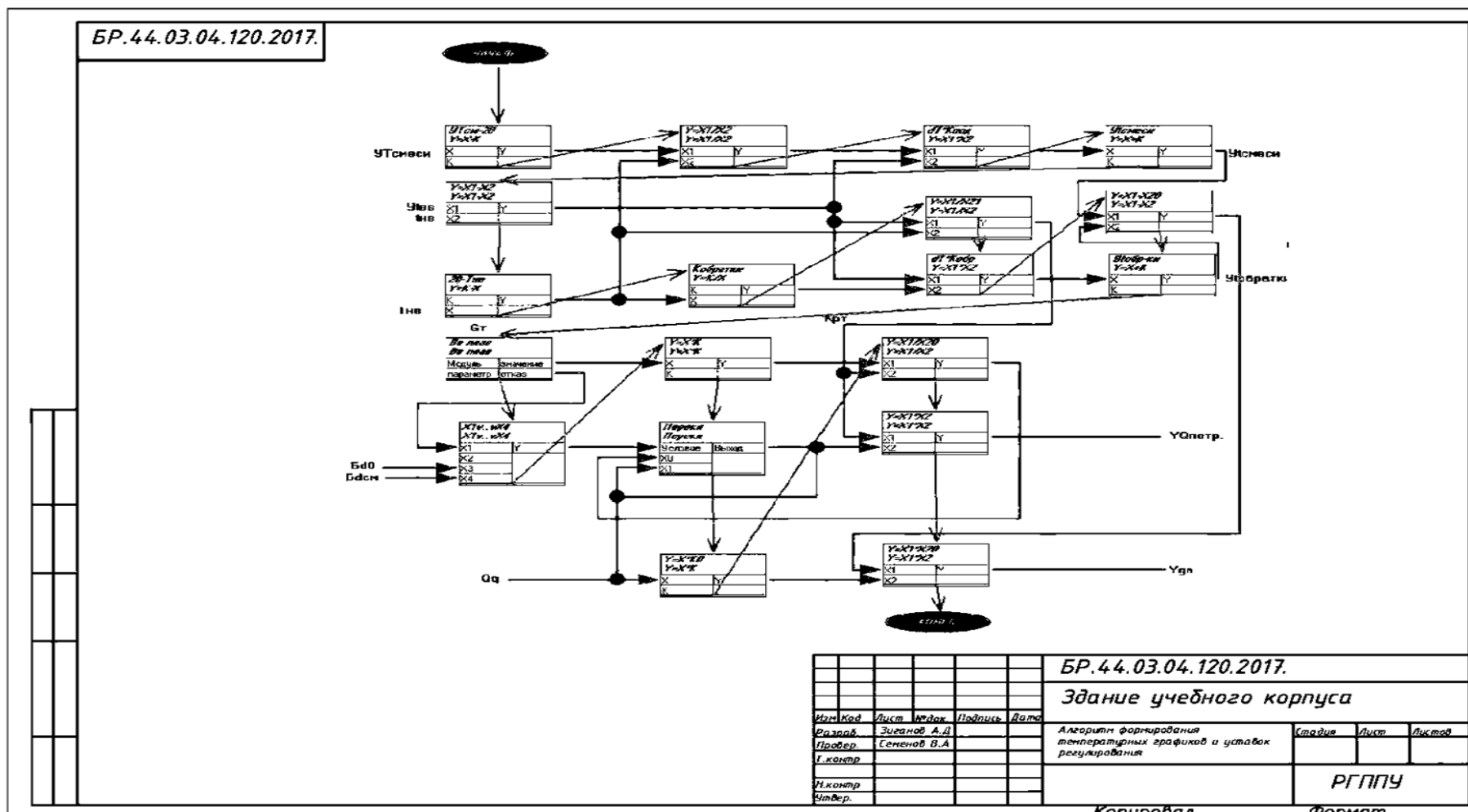
# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## Алгоритм режима быстрого прогрева здания



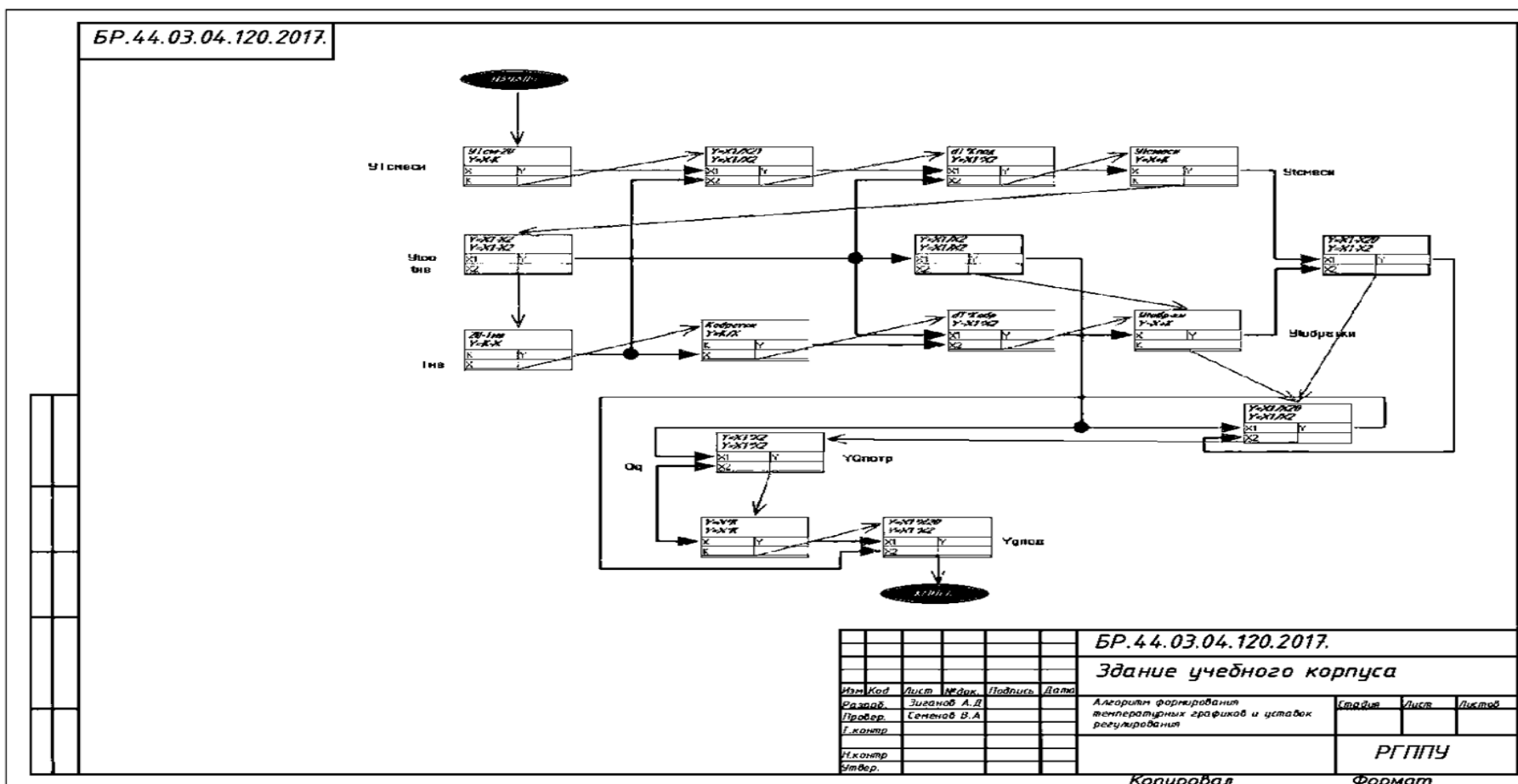
# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## Алгоритм формирования температуры и графиков



## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Алгоритм формирования уставок регулирования



## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### Практическая работа №1

«Исследование работы системы теплоснабжения. Настройка базовых установок регулятора».

#### 1. Цель работы

Практическое ознакомление с системой теплоснабжения в режиме пользователя и в режиме обслуживания. Исследование характеристик системы.

#### 2. Введение

В режиме «отопление» (переключатель SA1 в положении «ОТОП.») стенд имитирует систему отопления. Включается термоконтроллер, управляющий системой отопления. При помощи потенциометра задается температура окружающего воздуха (при задании температуры требуется время для ее стабилизации 1-2 минуты) исходя из которой, термоконтроллер определяет температуру теплоносителя и при помощи регулирующего клапана выводит ее на заданный уровень, при этом теплообменник имитирует нагрузку. Все параметры можно контролировать на дисплее термоконтроллера.

#### 3. Возможности стенда

- возможность работы регулятора в следующих режимах:
  - ручном режиме;
  - автоматическом управлении;
  - постоянная комфортная температура;
  - постоянная пониженная температура.
- установка требуемой температуры в комнате и её поддержание;
- выбор и корректировка температурного графика (зависимости между температурой окружающей среды и температуры носителя);
- установка диапазона температуры теплоносителя;
- возможность корректировки влияния температуры воздуха в

помещении;

- возможность изменения настроек встроенного ПИ-регулятора;
- возможность работы с комнатным датчиком и без него;
- установка границы температуры наружного воздуха при которой отключается система отопления.

### Описание установки

Внешний вид стенда показан на рисунке Ж1.

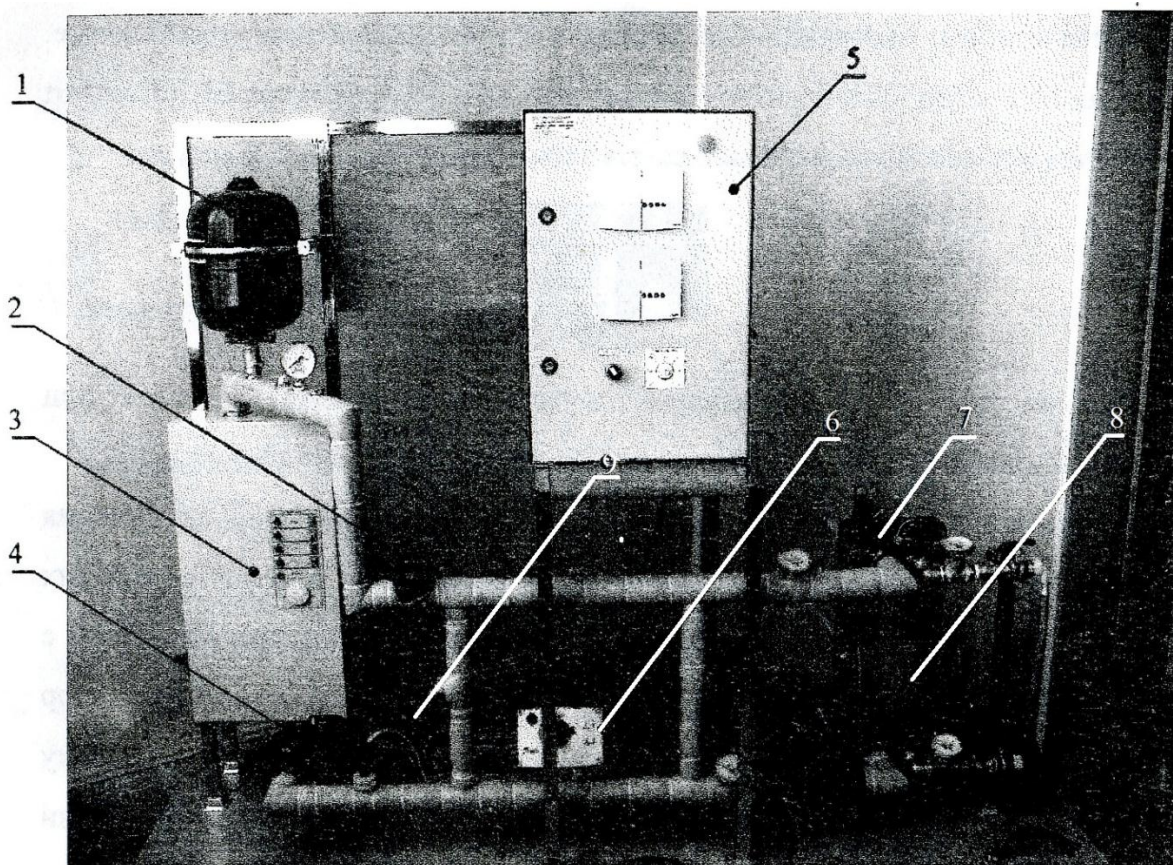


Рисунок Ж.1 - Внешний вид стенда имитационной системы отопления и горячего водоснабжения

1. Мембранный расширительный бак для систем отопления.
2. Механический компактный теплосчетчик М-Сal СОМРАСТ.
3. Электрокотел.
4. Насос циркуляционный.
5. Шкаф управления стендом.
6. Регулирующий клапан с редукторным электроприводом.



7. Аппарат теплообменный пластинчатый РИДАН.
8. Насос циркуляционный.
9. Регулятор постоянства расхода.

Внешний вид электронного цифрового регулятора температуры ELC Comfort 200 представлен на рисунке Ж2.



Рисунок Ж.2 - Внешний вид электронного цифрового регулятора температуры ELC Comfort 200

ECL Comfort 200 - электронный цифровой регулятор температуры, который настраивается для работы в различных технологических схемах систем теплоснабжения зданий с помощью ECL карт. Регулятор ECL Comfort 200 может быть переключен на различные прикладные задачи с помощью кнопок в соответствии с инструкцией, прилагаемой к информационной ECL карте. Каждая ECL карта обеспечивает функционирование регулятора ECL Comfort 200 применительно к конкретной схеме теплоснабжения.

Внешний вид карты управления системой водяного отопления ECL P30 представлен на рисунке Ж3.



Рисунок Ж.3 - Карта для управления системой водяного отопления ECL P30

ECL - карта P30 для управления системой водяного отопления при централизованном теплоснабжении или местном генераторе теплоты. Информационная пластиковая карта P30 предназначена для облегчения

настройки электронного регулятора ECL Comfort 200 в технологических схемах систем водяного отопления. Переключение регулятора на работу с картой РЗО осуществляется с помощью его кнопок. После этого регулятор будет поддерживать температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления, в зависимости от температуры наружного воздуха в соответствии с установленным температурным графиком.

Регулятор, настроенный на работу с картой РЗО, кроме функций регулирования, позволяет:

- осуществлять регулирование с коррекцией по температуре воздуха в помещении (при установке комнатного датчика);
- обеспечивать недопустимость превышения заданного температурным графиком значения температуры теплоносителя, возвращаемого в теплосеть;
- программировать снижение температуры воздуха в помещении по часам суток и дням недели;
- производить форсированный натоп помещений после периода снижения температуры внутреннего воздуха;
- 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, прибора позволяет осуществлять настройки ряда параметров регулирования.

#### **Основные настройки регулятора**

- наклон температурного графика: 1,8 (0,2 - 3,4);
- параллельное смещение температурного графика: 0 (-9 - 9);
- температура летнего отключения: 18°C (10 - 30 °C);
- макс, ограничение температуры теплоносителя, подаваемого в систему отопления: 90°C (10 - 110 °C);

- мин ограничение теплоносителя, подаваемого в систему отопления: 40°C (10 - 110 °C);

- нейтральная зона: 3°C (0-9 °C);
- зона пропорциональности: 80°C (1 - 250 °C);
- время интегрирования: 30 с (5 - 999 с);
- постоянная времени клапана с электроприводом: 35 с (5 - 250 с).

## 5. Подготовка стенда к работе

- Убедитесь в том, что источник питания подключен к клеммам 1 (Фаза) и 2 (Общий провод);
- проверить правильность подключения к клеммам всех датчиков;
- включить питание;
- ввести карту ECL обращенной к вам желтой стороной;
- выбрать режим ручного управления регулятором;
- проверить открытие и закрытие клапанов, а также запуск и останов насосов при ручном управлении;
- убедиться в том, что температуры на дисплее А и В согласованы с действующими датчиками.

## 6. Порядок проведения испытаний

*Задание 1. Нарисуйте схему горячего водоснабжения согласно лабораторному стенду.*

### Включение стенда

Включение и отключение стенда осуществляется, расположенной на правой панели шкафа управления (ШУ) стенда, рукояткой рубильника QS1.

### Работа регулятора ECL

Карта ECL имеет желтую сторону (для ежедневного применения) и серую сторону (для установки и обслуживания).

Необходимая для работы сторона выбирается с помощью кнопки .

Выбор рабочей стороны регулятора представлен на рисунке Ж4.





Рисунок Ж.4 - Выбор рабочей стороны регулятора

Светодиод под введенной картой ECL указывает выбранную сторону, т.е. левая лампа - для ежедневного применения, а правая - для установки и обслуживания. Обе стороны карты разделены на строки, представляющие собой различные опции реулирования и программирования.

### **Ежедневная эксплуатация**

#### Выбор необходимого дисплея

- выбрать желтую сторону карты (режим эксплуатации);
- выбрать дисплей - А, В или С с помощью кнопок
- дисплей А - температура воздуха в помещении.  
- дисплей В - информационная система;
- дисплей С - график на сегодня.

Для выполнения настроек воспользоваться кнопкой © (нажать и удерживать) и © ® (настройка).

**Задание 2.** Выполнить настройку индивидуальных характеристик (комфортную температуру; пониженную температуру; дневные программы). Запустить работу контроллера в различных режимах работы (ручном, автоматическом и др.).

**Задание 3.** Изменяя с помощью потенциометра температуру наружного воздуха, записать показания в таблицу № 1 и построить температурный график зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха. Изменив наклон и смещение записать показания в таблицу №2 построить ещё несколько графиков зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха. Сделать их сравнение и написать соответствующие выводы.

Установка температурного отопительного графика представлена на рисунке Ж.5.

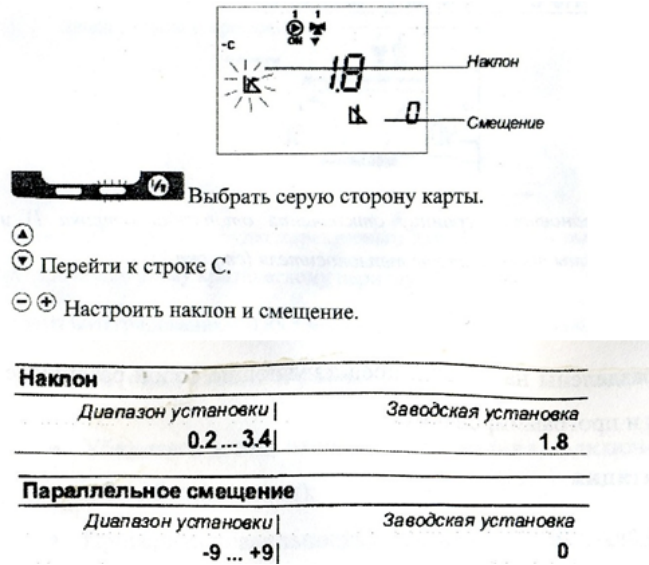


Рисунок Ж.5 - Установка температурного отопительного графика

**Задание 4.** Установить границу отключения отопления- 20°C(строка 1) и настроить границы температуры теплоносителя- минимальная граница - 45°C и максимальная граница- 85°C (строка 2).

Установка границы отключения отопления представлена на рисунке Ж.6.

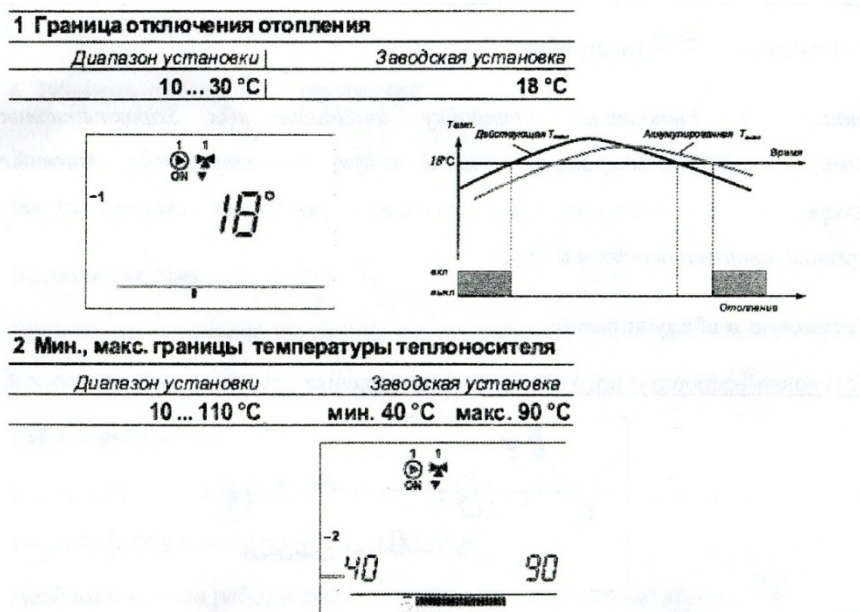


Рисунок Ж.6 - Установка границы отключения отопления

### *Задание 5. Установить ПИ-регулирование*

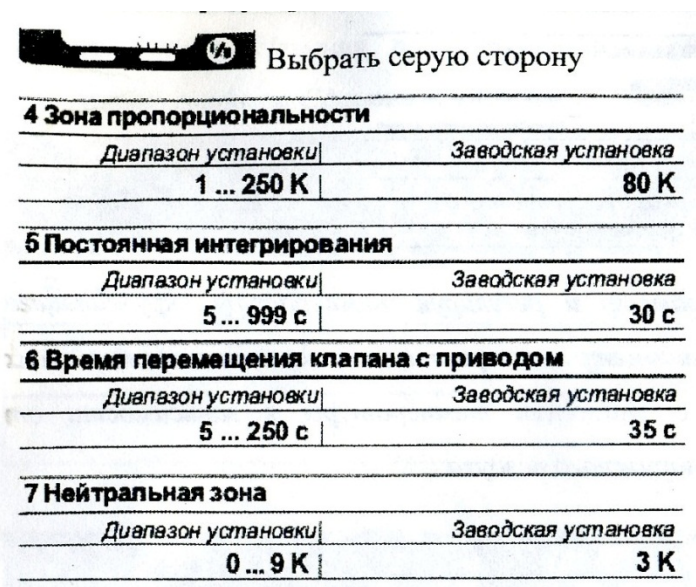
–установить время интегрирования (строка 5) на его максимальное значение (999 с);

–снизить значение зоны пропорциональности (строка 4) до момента начала колебаний системы с постоянной амплитудой;

–найти критический период времени- по записи температуры или использовать секундомер (построить график в измерениях температуры отопления и времени интегрирования).

Результаты записать в таблицу №3

Установка ПИ регулирования представлена на рисунке Ж.7.



Выбрать серую сторону

<b>4 Зона пропорциональности</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
<b>1 ... 250 К</b>	<b>80 К</b>
<b>5 Постоянная интегрирования</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
<b>5 ... 999 с</b>	<b>30 с</b>
<b>6 Время перемещения клапана с приводом</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
<b>5 ... 250 с</b>	<b>35 с</b>
<b>7 Нейтральная зона</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
<b>0 ... 9 К</b>	<b>3 К</b>

Рисунок Ж.7 - Установка ПИ регулирования

График температуры и времени в измерениях представлен на рисунке Ж.8.

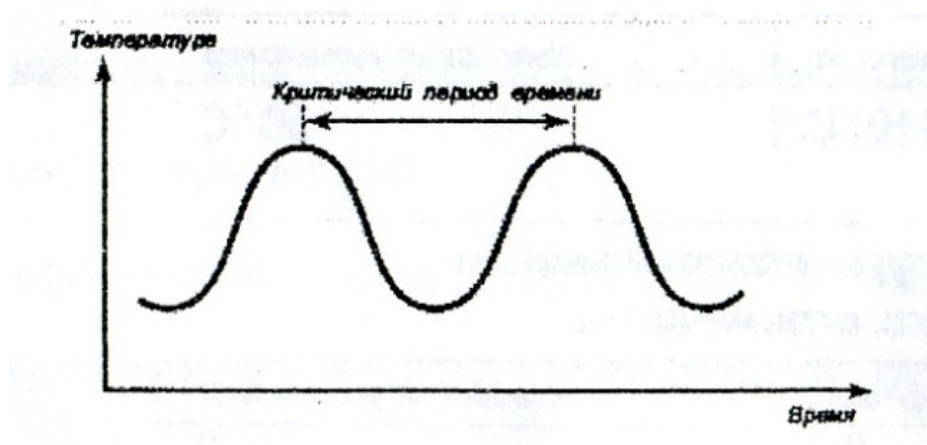


Рисунок Ж.8 - График температуры и времени в измерениях

Этот период времени будет характерным для системы, и вы можете оценить установки по этому критическому периоду.

Время интегрирования =  $0,85 \cdot$  критический период времени

Зона пропорциональности =  $2,2 \cdot$  значение зоны пропорциональности в критический период времени

**Задание 6.** *Изменяя параметр и регулируя температуру окружающего воздуха с помощью потенциометра построить графики зависимости снижения температуры в зависимости от температуры наружного воздуха и на их основе сделать вывод о снижении температуры в зависимости от снижения температуры наружного воздуха. Полученные показания записать в таблицу №3.*

Снижение температуры в зависимости от температуры наружного воздуха представлено на рисунке Ж.9.



## Снижение температуры в зависимости от температуры наружного воздуха

### **11 Снижение температуры в зависимости от температуры наружного воздуха**

Диапазон установки	Заводская установка
<b>ВЫКЛ / -29 ... +10 °С</b>	<b>-15 °С</b>

*Граница температуры наружного воздуха, при которой установка сниженной температуры отключается.*

Рисунок Ж.9 - Снижение температуры в зависимости от температуры наружного воздуха

*Задание 7. Устанавливая процентное соотношение, которое будет соответствовать временному изменению температуры теплоносителя сделать вывод о влиянии этого параметра на работу системы.*

Процентное соотношение изменения температуры теплоносителя представлено на рисунке Ж.10.

### **12 Повышение температуры**

Диапазон установки	Заводская установка
<b>0 ... 99 %</b>	<b>0%</b>


Рисунок Ж.10 - Процентное соотношение изменения температуры теплоносителя

*Задание 8. Установить границу принятой температуры возвращаемого теплоносителя. Изменяя параметры минимального и максимального ограничения температуры возвращаемого теплоносителя заполнить таблицы Ж1 и Ж2. Сделать выводы об их влиянии на систему.*

Влияние температуры возвращаемого теплоносителя представлено на рисунке Ж.11.



Влияние температуры возвращаемого теплоносителя



Выбрать серую сторону

<b>30 Ограничение температуры возвращаемого теплоносителя</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
10 ... 110 °C	50 °C

<b>35 Влияние температуры возвращаемого теплоносителя - макс. ограничение</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
+/- 0 ... 9,9	- 2

<b>36 Влияние температуры возвращаемого теплоносителя - мин. ограничение</b>	
<i>Диапазон установки</i>	<i>Заводская установка</i>
+/- 0 ... 9,9	0

Рисунок Ж.11 - Влияние температуры возвращаемого теплоносителя

Изменяя параметры минимального и максимального ограничения температуры возвращаемого теплоносителя заполнить таблицы Ж1 и Ж2

Таблица Ж.1 - Влияние температуры возвращаемого носителя – макс. ограничение

Параметр	Влияние температуры возвращаемого носителя – макс. ограничение
Возвратный предел	
Влияние	Температура теплоносителя

Таблица Ж.2 - Влияние температуры возвращаемого носителя – мин. ограничение

Параметр	Влияние температуры возвращаемого носителя – мин. ограничение
Возвратный предел	
Влияние	Температура теплоносителя

### **Техника безопасности**

При проведении практической работы следует помнить, что установка находится под напряжением 220 В. В связи с этим запрещается включать установку без предварительного ознакомления с настоящим руководством в отсутствие преподавателя или лаборанта, а также касаться токоведущих элементов внутри шкафа управления.

К выполнению практической работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности с обязательной отметкой в регистрационном журнале.

### **Требования к отчету по практической работе:**

После выполнения практической работы необходимо составить отчет, выполненный на листах А4, , который должен включать в себя следующие элементы :

1. Цель выполнения практической работы.
2. Список использованной аппаратуры.
3. Ход выполнения работы.
4. Основную часть практической работы.
5. Вывод о проделанной практической работе.