

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система регулирования температуры с применением ИРТ

УДК 681.536.5:536.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Панюков Ярослав Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, НОЦ И.Н. Бутакова, ИШЭ	Кравченко Евгений Владимирович	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель профиля ООП
 Ю.К. Атрошенко
 (Ф.И.О)

 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Панюкову Ярославу Сергеевичу

Тема работы:

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИРТ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.02.2022 35-15/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом регулирования в работе является система горячего водоснабжения, в котором регулируемым параметром является температура горячей воды.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание автоматизированной системы регулирования; 2. Разработка структурной схемы; 3. Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации; 4. Разработка схемы электрической соединений; 5. Разработка монтажной схемы внешних проводов; 6. Разработка общего вида щита управления;

	7. Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества системы регулирования; 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 9. Социальная ответственность.
Перечень графического материала вопросов <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема структурная АСР; 2. Схема функциональная АСР; 3. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4. Схема электрическая соединений; 5. Перечень элементов электрической схемы; 6. Схема монтажная внешних проводок; 7. Общий вид щита автоматизации.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент ОСГН ШБИП, к.т.н., Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.01.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Е.В. Кравченко	к.т.н.		15.01.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Панюков Ярослав Сергеевич		15.01.2022 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 78 с., 7 рис., 35 табл., 13 источников.

Ключевые слова: температура, измеритель-регулятор технологический, автоматизированная система регулирования, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Объектом автоматизации является система горячего водоснабжения.

Цель работы – разработка автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения с применением измерителя-регулятора технологического.

В процессе выполнения работы проводился анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения с применением измерителя-регулятора технологического, проектирование функциональной схемы, схемы электрической соединений и монтажной схемы, а также разработка чертежа общего вида шкафа автоматизации, выбор приборов и технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации, а также расчет параметров настройки регулятора.

В результате разработана автоматизированная система регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения с применением измерителя-регулятора технологического.

Основным преимуществом разработанной системы является способность работать без постоянного присутствия оператора. Система поддерживает установленные параметры и быстро реагирует на возмущения.

Содержание

Введение.....	9
1 Описание автоматизированной системы регулирования.....	10
2 Описание структуры автоматизированной системы регулирования	12
3 Разработка функциональной схемы АСР	16
4 Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации	18
4.1 Выбор датчиков температуры.....	18
4.2 Выбор балансировочного клапана и электропривода	20
4.3 Выбор регулирующего устройства	22
5 Разработка схемы электрической соединений АСР	25
5.1 Элементы и устройства подсистемы питания.....	25
5.2 Элементы и устройства подсистемы ввода/вывода сигналов.	28
5.3 Элементы и устройства подсистемы микроклимата.	29
6 Разработка монтажной схемы АСР	31
7 Разработка общего вида шкафа автоматизации.....	33
8 Расчет параметров настройки регулятора	34
8.1 Идентификация объекта регулирования.....	34
8.2 Расчет параметров настройки регулятора	37
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 45	
Введение.....	45
9.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	45
9.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	45
9.1.2 SWOT-анализ.....	47
9.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	51
9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	51
9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	52
9.2.3 Бюджет научно-технического исследования	55
9.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	56
9.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования.....	56
9.2.4 Основная заработная плата исполнителей темы	57

9.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	59
9.2.6 Накладные расходы	60
9.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	61
Заключение по разделу	64
10 Социальная ответственность	68
10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	68
10.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	68
10.2 Производственная безопасность	69
10.3 Экологическая безопасность.....	73
10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	74
Заключение по разделу	75
Заключение	76
Список использованных источников	77

Графический материал	На отдельных листах
ФЮРА.421000.007 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.007 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.007 ЗС	Заказная спецификация
ФЮРА.421000.007 Э4	Схема электрическая соединений
ФЮРА.421000.007 ПЭ	Перечень элементов схемы электрической соединений
ФЮРА.421000.007 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.007 ВО	Общий вид щита автоматизации

Введение

Температура различных величин требует к себе особенного внимания, по причине того, что существует множество факторов, которые зависят от нее. Это и работа оборудования на предприятиях, и комфорт обычных жителей, и множество других факторов. Кроме того, помимо всего прочего, от температуры зависит экономичность производства, так как любые отклонения от установленных норм температуры могут повлечь за собой поломку оборудования либо недовыработку энергии или продукции, что приведет к финансовым потерям предприятия.

Так как температура величин зависит от множества правовых и производственных норм, нужд предприятий, и от нее зависит качество жизни простых жителей, встает вопрос о способе регулирования температуры этих величин. Решить эту проблему можно с помощью использования специальных регуляторов и датчиков температур, которые устанавливаются на месте управления подачей этих величин в работу.

Проектирование автоматизированной системы регулирования температуры с применением ИРТ является целью данной работы.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) Проанализировать объект регулирования;
- 2) Выбрать структуру измерительных каналов и составить структурную схему автоматизированной системы регулирования;
- 3) Выбрать оборудование и разработать функциональную схему;
- 4) Разработать шкаф управления объектом регулирования;
- 5) Выполнить расчет параметров регулятора;
- 6) Определить финансовую эффективность разработки проекта;
- 7) Изучить нормативную документацию и правила безопасности, которые необходимо соблюдать при работе с данной системой.

1 Описание автоматизированной системы регулирования

В качестве объекта регулирования выступает система горячего водоснабжения, в котором регулируемым параметром является температура горячей воды.

Этот параметр является очень важным, так как соблюдение температурного режима обеспечивает исправную работу оборудования, эпидемиологическую безопасность населения, так, например, согласно нормам СанПин температура горячей воды должна составлять от 60 до 75 °С с максимальным отклонением 5 °С.

Также, система должна быть универсальной для использования в различных случаях работы при различных параметрах и требованиях к работе, должна учитывать воздействия и возмущения из внешней среды, например температуру окружающей среды, количество потребителей, режим работы и многое другое.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема системы горячего водоснабжения.

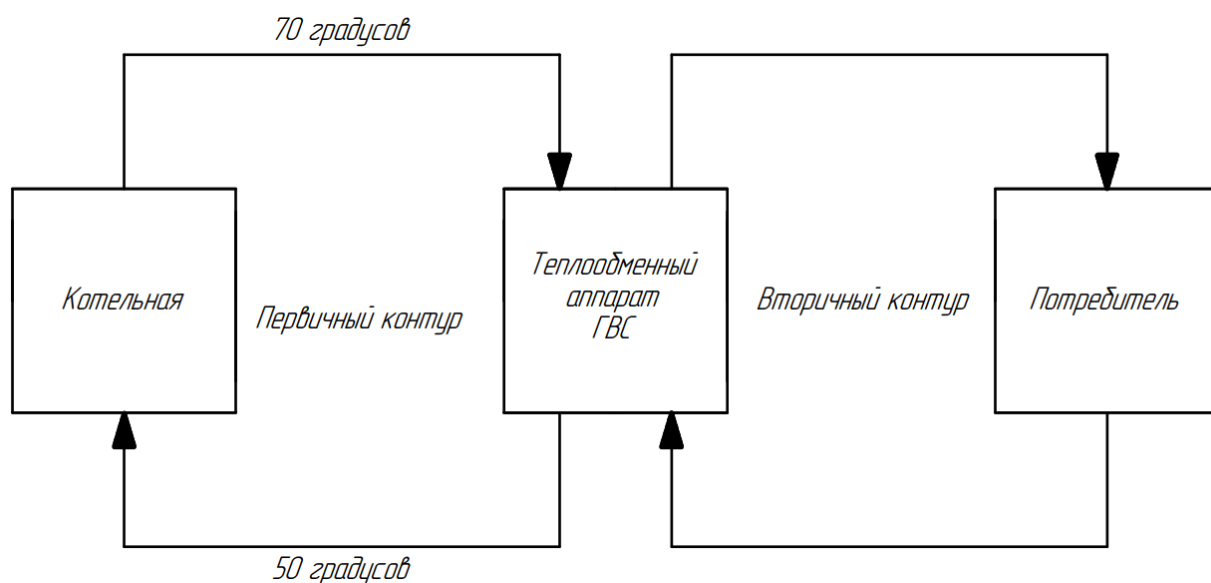


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы горячего водоснабжения

Учитывая особенности объекта регулирования, можно сформировать основные требования, которым должна соответствовать проектируемая автоматическая система регулирования:

- работа в автоматическом режиме без постоянного присутствия оператора;
- быстрая реакция системы на изменение контролируемых параметров;
- компенсация влияния внешних факторов на контролируемые параметры.

Кроме требований, одной из основных задач, связанных с автоматизацией регулирования температуры, является регулирования экономичности процесса нагрева воды. Греющая вода должна, по возможности, расходоваться по необходимости и потери тепла при передаче нагреваемой воде должны быть минимальны.

2 Описание структуры автоматизированной системы регулирования

Автоматизированная система регулирования температуры в системе горячего водоснабжения должна удовлетворять следующим требованиям:

- регулирование температуры горячей воды в заданных пределах;
- простота реализации;
- возможность оперативной замены оборудования, вышедшего из строя;
- отклонение температуры не должно превышать 5 °С;
- возможность подключения термопреобразователей непосредственно к измерителю-регулятору технологическому.

Регулирование температуры в системе горячего водоснабжения бывает ручным и автоматическим.

Ручное регулирование подразумевает использование человеческого труда для перемещения положения регулирующих клапанов в трубопроводах с греющим теплоносителем. Достоинством ручного регулирования является отсутствие средств на его реализацию, необходим только человек. Недостатком же является невозможность регулирования в нерабочее время. В следствие этого будут проявляться недогревы и перегревы воды, а значит более высокие затраты на энергоресурсы, снижение уровня комфорта. Также ручное регулирование более зависимо от колебаний температуры наружного воздуха, так как будет необходим постоянный контроль за этими колебаниями и их компенсация. Работник будет уставать от монотонности этих операций, следовательно будет выше вероятность совершения ошибки при регулировании, что также является недостатком такого регулирования. Следовательно, автоматическое регулирование является более оптимальным по сравнению с ручным, так как позволяет качественнее регулировать температуру, несмотря на затраты на средства для реализации.

В зависимости от способа изменения тепловой нагрузки, автоматизированные системы регулирования температуры делятся на качественные, количественные и комбинированные.

Качественное регулирование подразумевает изменение температуры греющего теплоносителя. Этого можно достичь, например, повышением расхода топлива в котельной. При правильном расчете теплопотребления на систему горячего водоснабжения можно достичь автоматического изменения температуры греющего теплоносителя в зависимости от различных факторов, расхода нагреваемого теплоносителя, температуры окружающей среды и т.д.

Достоинствами качественного регулирования являются:

- повышенный уровень комфорта;
- экономия ресурсов по сравнению с ручным регулированием;
- более низкая стоимость относительно других автоматизированных систем регулирования;
- простота сборки (нужны лишь датчик температуры окружающей среды, датчик расхода и датчик температуры нагреваемого теплоносителя).

Недостатки качественного регулирования:

- необходима повышенная точность при расчете теплопотребления;
- не учитываются притоки теплоты извне;
- не учитывается влияние возмущающих факторов (например, скорость воздушных потоков в окружающей среде);
- непрерывная циркуляция греющего теплоносителя, следовательно непрерывная работа насосного оборудования, следовательно более быстрый износ этого оборудования.

Количественное регулирование представляет собой изменение расхода греющего теплоносителя при его фиксированной температуре в зависимости от температуры нагреваемого теплоносителя. Этого можно достичь установкой датчика температуры нагреваемого теплоносителя и балансировочного клапана в трубопроводе с греющим теплоносителем. В этом

случае необходимая температура задается вручную на измерителе-регуляторе технологическом, и исключается влияние окружающей среды на температуру греющего теплоносителя.

Принцип работы заключается в следующем. В зависимости от температуры нагреваемого теплоносителя с измерителя-регулятора технологического подается сигнал на электропривод балансировочного клапана, который опускает стержень клапана для перекрытия трубопровода, регулируя тем самым расход греющего теплоносителя.

Достоинствами количественного регулирования являются:

- более точное поддержание температуры по сравнению с качественным регулированием;
- независимость от влияния окружающей среды;
- возможность устанавливать различные температурные режимы;
- простая и понятная работа;
- более длительный срок службы насосного оборудования, по сравнению с качественным регулированием;
- возможность компенсировать ошибки проектирования системы горячего водоснабжения.

Недостатки количественного регулирования температуры:

- необходимость периодически регулировать температуру греющего теплоносителя.

Комбинированный способ регулирования совмещает в себе преимущества качественного и количественного способов регулирования, но при этом является наиболее дорогим в реализации.

Для рассматриваемого объекта регулирования было выбрано количественное регулирование при помощи балансировочного клапана, а температура греющего теплоносителя при необходимости будет изменяться вручную.

Принцип работы автоматизированной системы регулирования заключается в следующем: значения температуры нагреваемого теплоносителя измеряются датчиком температуры, первичные сигналы от него поступают на измеритель-регулятор технологический, который сравнивает их с заданным значением. В зависимости от результата сравнения, измеритель-регулятор подает управляющий токовый сигнал на электропривод балансировочного клапана. Электропривод клапана изменяет положение стержня клапана, тем самым изменяя расход греющего теплоносителя, пока значение температуры нагреваемого теплоносителя не станет равным сигналу задания температуры с измерителя-регулятора.

Разрабатываемая структурная схема АСР температуры в системе горячего водоснабжения представлена на отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.007 С1.

3 Разработка функциональной схемы АСР

Функциональная схема автоматизированной системы регулирования – это главный нормативный документ, который показывает взаимосвязь функциональных блоков узлов регулирования, контроля и управления технологическим процессом и приборов и ресурсов, оборудованных на объекте регулирования.

В ходе разработки функциональной схемы и выборе технических средств автоматизации учитываются особенности процесса, параметры и свойства технологических сред.

При разработке функциональной схемы происходит следующее:

- изучается технологическая схема автоматизируемого объекта;
- составляется перечень контролируемых параметров технологического процесса и технологического оборудования;
- определяется местоположение точек отбора измерительной информации на технологической схеме объекта;
- определяются предельные рабочие значения контролируемых параметров;
- происходит выбор структуры измерительных каналов;
- происходит выбор методов и технических средств получения, преобразования, передачи и представления измерительной информации;
- определяются местоположение технических средств автоматизации;
- согласуются параметры измерительных каналов и информационно-вычислительного комплекса.

В ходе работы была разработана функциональная схемы автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения, изучен принцип ее работы. Перечень контролируемых параметров представлен в таблице 1. Регулируемым

параметром является температура воды во вторичном контуре через регулирование расхода греющего теплоносителя.

Таблица 1 – Контролируемые параметры

Наименование параметра	Значение параметра
Температура воды во вторичном контуре	60...75 °С
Положение стержня балансировочного клапана	0...100%

Для измерения температуры греющего теплоносителя используется термопреобразователь сопротивления с аналоговым выходным сигналом 1а. Сигнал с термопреобразователя сопротивления поступает на вход измерителя-регулятора технологического, который в случае несоответствия уставке выдает унифицированный токовый сигнал управления на электропривод балансировочного клапана, который поднимает или опускает стержень клапана 2б, тем самым регулируя расход греющего теплоносителя в первичном контуре.

4 Выбор технических средств автоматизации и составление спецификации

Автоматизированная система регулирования технологического процесса должна проектироваться с использованием технических средств автоматизации, обеспечивающих наиболее эффективную работу оборудования, непрерывное наблюдение за процессом и снижение трудозатрат персонала за счет автоматизации.

При выборе первичных измерительных преобразователей наиболее важными параметрами являются диапазон измерений, предел допускаемой погрешности и характеристики выходного сигнала. Также необходимо использовать то количество технических средств, устанавливаемого на щитах, которого будет достаточно для выполнения требуемых задач и функций.

Решения по выбору технических средств автоматизации приведены в заказной спецификации, представленной на листе с шифром ФЮРА.421000.007 ЗС.

4.1 Выбор датчиков температуры

В разрабатываемой автоматизированной системе регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения измеряется температура воды во вторичном контуре. Для измерения температуры используются термопреобразователи сопротивления. Выбор данного типа датчиков обусловлен невысокими измеряемыми температурами (не выше 100 °С). Рассмотрим несколько возможных вариантов данного устройства и выберем наиболее оптимальный. Характеристики анализируемых термопреобразователей сопротивления представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение характеристик термопреобразователей сопротивления

Тип термопреобразователя	Диапазон измерения, °С	Класс допуска	Разброс относительно номинала	Производитель	Стоимость, рублей
Платиновый (ТСП)	-100...+450	А	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$	«Элемер»	3300
	-50...+200	В	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$	«Элемер»	2700
	-50...+200	С	$\pm (0,6 + 0,01 \cdot t)$	«Элемер»	2200
Медный (ТСМ)	-50...+200	А	$\pm (0,15 + 0,002 \cdot t)$	«Элемер»	2100
	-50...+200	В	$\pm (0,3 + 0,005 \cdot t)$	«Элемер»	1600
	-50...+200	С	$\pm (0,6 + 0,01 \cdot t)$	«Элемер»	1280

Так как температура при регулировании не должна отклоняться более чем на 5 °С, то можно сделать вывод, что при температурах не выше 100 °С любой из предложенных термопреобразователей сопротивления будет соответствовать требованиям. Поэтому выбор датчиков будет основан на диапазоне измерений и стоимости. Выберем термопреобразователь сопротивления производства «Элемер» ТС-1088/1-50М стоимостью 1280 рублей за один экземпляр. Данный датчик имеет НСХ 50М, класс допуска С и двухпроводную схему подключения.

4.2 Выбор балансирующего клапана и электропривода

В автоматизированной системе регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения регулирование осуществляется изменением расхода греющего теплоносителя в первичном контуре. Принцип изменения расхода заключается в регулировании положения стержня балансирующего клапана: в зависимости от величины температуры стержень клапана поднимается/опускается и перекрывает или открывает поток греющего теплоносителя. Регулирование положения осуществляется электроприводом, который принимает управляющий токовый сигнал. Как правило, электроприводы работают от напряжения 220 В или 24 В. Выберем клапан с электроприводом, работающим с напряжением питания 24 В, так как электроприводы с напряжением питания 220 В имеют слишком большое усилие и имеют трехпозиционное управление, а не управление с помощью унифицированного сигнала. Характеристики выбранного клапана и электропривода представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Характеристики балансировочного клапана

Компания-производитель	Модель клапана	Условный диаметр, мм	Номинальное давление, МПа	Рабочая среда	Температура рабочей среды, °С
ООО «ЗАВОД ТЕПЛОСИЛА»	TRV-32-16-31	32	1,6	Вода	+5...+150

Таблица 4 – Характеристики электропривода

Компания-производитель	Модель электропривода	Условный диаметр, мм	Номинальное давление, МПа	Напряжение питания	Управление	
					Трехпозиционное	4-20 мА
ООО «ЗАВОД ТЕПЛОСИЛА»	TW3000-XD24-S.14	32	1,6	24 VAC	24 VAC/DC	+

4.3 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется измеритель-регулятор технологический. Измерители-регуляторы технологические – устройства, предназначение которых заключается в измерении температуры и других физических величин, преобразованных в электрические сигналы. Также измерители-регуляторы предназначены для позиционного, ПИ, ПИД или ручного регулирования контролируемого параметра.

Так как, разрабатываемая автоматизированная система регулирования не имеет никаких строгих требований по условиям эксплуатации или передачи данных, было решено выбирать измеритель-регулятор исходя из производителя, наличия необходимых входов и выходов (требуется вход для термопреобразователей сопротивления и выход с унифицированным токовым сигналом для электропривода балансировочного клапана), наличия регулятора (требуется наличие ПИ или ПИД-регулятора) и стоимости. В таблице 5 указаны некоторые из измерителей-регуляторов с интересующими для данной автоматизированной системы регулирования характеристиками.

Таблица 5 – Сравнительная таблица измерителей-регуляторов технологических

Производитель	Модель	Количество каналов	Вход	Выход	Регулятор	Стоимость, руб.
НПП «Элемер»	ИРТ 5501/М1	1	+	+	ПИ, ПИД	От 3500
НПП «Элемер»	ИРТ 5502/М1	2	+	+	ПИ, ПИД	От 13500
ГК «ТЕПЛОПРИБОР»	УМКТ-1-У-ПИД	1	+	+	ПИД	От 3300
ГК «ТЕПЛОПРИБОР»	Термодат-16	2	+	+	ПИД	От 13220

Из приведенных измерителей-регуляторов УМКТ-1-У-ПИД обладает самой низкой стоимостью, однако ИРТ 5501/М1 обладает более широкой областью применения, благодаря ПИ-регулятору, который позволяет более точно настроить регулирование под нужды предприятия.

Измерители-регуляторы ИРТ 5502/М1 и Термодат-16 хоть и имеют лучшие характеристики по сравнению с УМКТ-1-У-ПИД и ИРТ 5501/М1, однако они имеют очень высокую стоимость, а также отсутствует необходимость в преимуществах данных измерителей-регуляторов для данной автоматизированной системы регулирования.

Из рассмотренных измерителей-регуляторов наиболее оптимальным решением является ИРТ 5501/М1. Выбор основан на следующих критериях:

- производитель НПП «Элемер» является отечественным производителем измерителей-регуляторов, что позволяет упростить и ускорить замену и дооснащение оборудования в случае необходимости;

- при немного большей стоимости система основанная на ИРТ 5501/М1 имеет более широкую область применения, по сравнению с УМКТ-1-У-ПИД.

5 Разработка схемы электрической соединений АСР

Схема электрическая соединений – это документ, показывающий все устройства и элементы, которые входят в состав изделия, жгуты, кабели, провода, соединяющие устройства и элементы между собой, а также места их присоединений и ввода (разъемы, платы, зажимы и т.д.).

Совместно с чертежом электрической схемы автоматизированной системы регулирования представлен перечень элементов, входящих в щит. Схема электрическая соединений представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 Э4. Перечень элементов представлен на листах с шифром ФЮРА.421000.007 ПЭ4.

5.1 Элементы и устройства подсистемы питания

Подсистема электрического питания включает в себя автоматический выключатель, устройство защиты от скачков напряжения, источник бесперебойного питания, понижающий блок питания, розетку и блоки зажимов.

1. Автоматический выключатель ВА47-29 2Р (QF1).

Автоматические выключатели предназначены для защиты цепей, имеющих различную нагрузку. Автоматические выключатели чаще всего применяются в вводно-распределительных устройствах. Основные характеристики автоматического выключателя ВА47-29 2Р приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики автоматического выключателя ВА47-29 2Р

Наименование	Значение
Номинальный ток	16 А
Количество силовых полюсов	2

Продолжение таблицы 6

Характеристика электромагнитного расцепителя	С
Номинальная отключающая способность	4,5 кА
Напряжение	220 В
Номинальное напряжение	400 В

2. Устройство защиты от скачков напряжения УЗМ-50Ц (Z01).

Устройство защиты от скачков напряжения УЗМ-50Ц предназначено для защиты потребителей от работы на повышенном или пониженном напряжении; защиты от разрушающего воздействия импульсных скачков напряжения; защиты от длительной перегрузки по потребляемой мощности. Основные характеристики устройства защиты от скачков напряжения УЗМ-50Ц представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики устройства защиты от скачков напряжения УЗМ-50Ц.

Наименование	Значение
Порог защиты от перенапряжения	$\geq 300\text{В}/20\text{мс}$
Порог защиты от снижения напряжения	$\leq 85\text{В}/100\text{мс}$
Ограничение потребляемой мощности	14,5 кВт
Диапазон напряжений	30...400В

3. Источник бесперебойного питания LANCHES L900PRO-H (G1).

Источник бесперебойного питания предназначен для обеспечения непрерывности питания установки посредством использования аккумуляторных

батарей. Кроме того, при использовании источника бесперебойного питания повышается качество питания, за счет стабилизации параметров питания в установленных пределах. Основные характеристики источника бесперебойного питания LANCHES L900PRO-H представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Технические характеристики источника бесперебойного питания LANCHES L900PRO-H

Наименование	Значение
Полная мощность	1000 ВА
Входное напряжение	220 VAC
Выходное напряжение	220 VAC

4. Понижающий блок питания CP-S 24/10 (G2).

Понижающий блок питания предназначен для питания оборудования постоянным током. Основные характеристики понижающего блока питания CP-S 24/10 представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Технические характеристики понижающего блока питания CP-S 24/10

Наименование	Значение
Номинальный ток	10 А
Номинальное входное напряжение	220 VAC
Номинальное выходное напряжение	220 VDC
Номинальная выходная мощность	240 Вт

5. Щитовая розетка PM-102 (XS1).

Щитовая розетка предназначена для подключения переносного оборудования малой мощности во время ремонтных и профилактических работ

в электрической сборке по месту установки. Основные характеристики щитовой розетки РМ-102 приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Технические характеристики щитовой розетки РМ-102

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

6. Блоки зажимов (ХТ1, ХТ01, ХТ3, ХТ4).

Пружинные зажимы WAGO 2001-1201 и WAGO 2006-1301 представляют собой простой и удобный способ подключения устройств в шкафах автоматики. Клеммы предназначены для проводников сечением до 2,5 мм². Открытые токопроводящие части клеммного ряда необходимо закрыть торцевой заглушкой.

5.2 Элементы и устройства подсистемы ввода/вывода сигналов.

Подсистема ввода/вывода сигналов включает в себя измеритель-регулятор технологический и блоки зажимов.

1. Измеритель-регулятор технологический ИРТ 5501/М1 (А1).

Измерители-регуляторы технологические – устройства, которые предназначены для измерения различных физических величин, их визуализации, контроля и регулирования. Основные характеристики измерителя-регулятора технологического ИРТ 5501/М1 представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Технические характеристики измерителя-регулятора технологического ИРТ 5501/М1

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	220 В
Степень защиты корпуса	IP54 – передней панели IP20 – корпуса
Число аналоговых входов	1
Срок службы	10 лет

2. Блоки зажимов (ХТ2, ХТ3).

Пружинные зажимы WAGO 2001-1201 представляют собой простой и удобный способ подключения устройств в шкафах автоматики. Клеммы предназначены для проводников сечением до 2,5 мм². Открытые токопроводящие части клеммного ряда необходимо закрыть торцевой заглушкой.

5.3 Элементы и устройства подсистемы микроклимата.

Подсистема микроклимата включает в себя осветительный прибор и вентилятор.

1. Осветительный прибор ДСО 04-12-Д 24V (EL1)

Основные характеристики осветительного прибора ДСО 04-12-Д 24V представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Технические характеристики осветительного прибора ДСО 04-12-Д 24V

Наименование	Значение
Напряжение питания	24 В
Мощность	12 Вт

Продолжение таблицы 12

Длина	300 мм
Срок службы	50000 часов

2. Вентилятор EC12025H24B

Основные характеристики вентилятора EC12025H24B представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Технические характеристики вентилятора EC12025H24B

Наименование	Значение
Напряжение питания	24 В
Частота вращения	2600 об/мин
Уровень шума	< 43 дБ
Срок службы	50000 часов

6 Разработка монтажной схемы АСР

Монтажные схемы предназначены для выполнения монтажных работ. Эти схемы используют также в процессе эксплуатации, при ремонте и выполнении профилактических работ.

Одной из целей данной работы является разработка монтажной схемы автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения. Для разработки монтажной схемы использовались следующие материалы:

- функциональная схема;
- схема электрическая соединений;
- техническая документация заводов-изготовителей средств автоматизации.

Схема монтажная внешних электрических соединений, представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 С4.

В верхнем поле чертежа размещается таблица, которая поясняет расположение датчиков в системе. Также изображается щит автоматизации, в котором изображаются блоки зажимов и подключенные к ним кабели. Итогом проектирования монтажной схемы является создание документации, которая будет необходима и достаточна для прокладки электропроводок, коммутации жил к техническим средствам автоматизации.

Питание на щит автоматизации подается от силового щита через клеммную колодку ХТ1 при помощи трехжильного кабеля КВВГ сечением 1 мм².

Подключение термопреобразователей сопротивления ТЕ к измерителю-регулятору технологического осуществляется по двухпроводной схеме при помощи кабеля КММС сечением 0,35 мм² через клеммную колодку ХТ2.

Подключение электропривода балансировочного клапана осуществляется двумя двухжильными проводами КВВГ сечением 0,5 мм² через клеммную колодку ХТ3. Один провод подключается к клеммам подключения питания

электропривода, другой подключается к клеммам ввода унифицированного сигнала 4...20 мА.

7 Разработка общего вида шкафа автоматизации

Шкафы систем автоматизации предназначены для размещения на них средств контроля и управления технологическими процессами и техническими средствами автоматизации.

Шкаф устанавливается в том же помещении, где находится теплообменник, предназначенный для передачи тепловой энергии от греющего теплоносителя к нагреваемому.

Учитывая особенности расположения и подключения оборудования и требования к электробезопасности и пожаробезопасности, применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования шкаф высотой 700 мм, шириной 550 мм и глубиной 200 мм.

Габариты шкафа позволяют без труда получить доступ ко всем узлам.

Чертеж общего вида шкафа содержит вид спереди, вид слева, вид справа, вид на внутренние плоскости, перечень составных частей.

Все элементы шкафа расположены с учетом удобства подключения к ним проводов.

В верхней части находится лампа для освещения шкафа. Сверху к монтажной плате крепится измеритель-регулятор технологический. Ниже, на рейку DIN-35, монтируются розетка и клеммные блоки. В нижней части располагаются автоматический выключатель, устройство защиты от скачков напряжения, источник бесперебойного питания, понижающий блок питания, клеммные блоки.

Общий вид щита представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.007 ВО.

8 Расчет параметров настройки регулятора

8.1 Идентификация объекта регулирования

Идентификация — это комплекс методов предназначенных для создания моделей динамической системы. Для идентификации применяются математические модели. Математическая модель подразумевает описание поведения системы во времени с помощью математических выражений и уравнений. Есть два вида идентификации: активная и пассивная. Активная идентификация – объект исследования выводится из равновесия путем подачи на него сигналов вне контура регулирования в специализированных условиях. Пассивная идентификация – за объектом исследования ведется наблюдение в рабочей среде в процессе нормальной эксплуатации без воздействия на него каким-либо образом.

Активная идентификация применяется при разработке и вводе в эксплуатацию новых технологий и систем автоматизации на уже существующих работающих объектах промышленности. Пассивная идентификация применяется для уточнения параметров математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона была использована модель изменения температуры воды в системе горячего водоснабжения по времени.

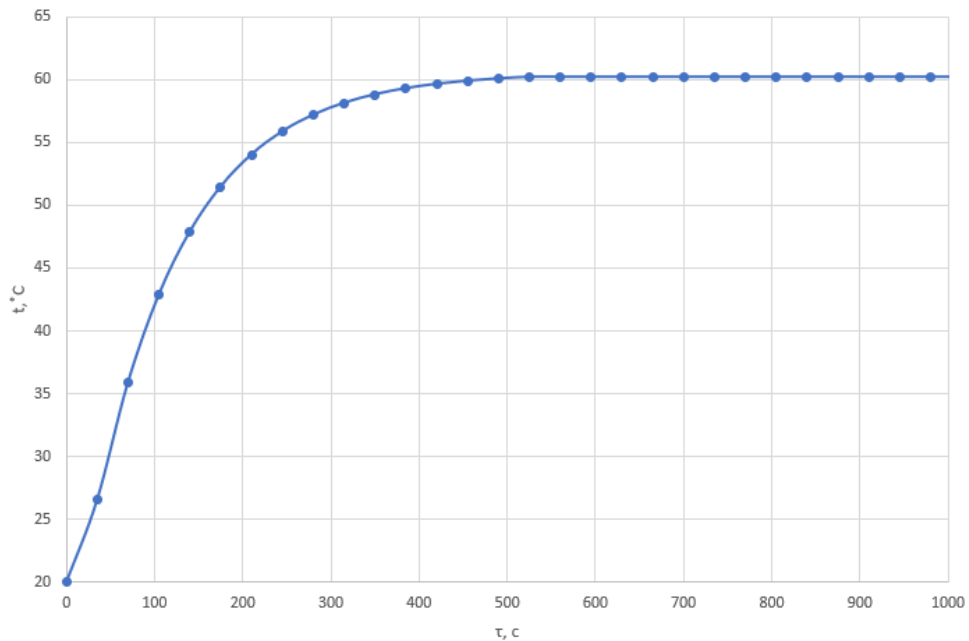


Рисунок 2 – Кривая разгона объекта управления

По полученной переходной характеристике определяются динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени T ; запаздывание τ , коэффициент передачи K .

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau},$$

где k – коэффициент усиления;

P – оператор Лапласа;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases}$$

Получаем два неизвестных значения времени запаздывания τ и постоянную времени T .

Коэффициент усиления $k = \frac{h(T_y)}{A}$, где A – выходное воздействие; при единичном воздействии $k = h(T_y)$. Время чистого запаздывания заранее выделяется из $h(t)$. На кривой разгона строим две точки А и Б. Точка А определяется как $0,33 k$, а точка Б имеет ординату $0,7 k$. Постоянная времени T и время запаздывания τ определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1 - h_A)}$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1 - h_A) - t_A \ln(1 - h_B)}{\ln(1 - h_A) - \ln(1 - h_B)},$$

где t_A и t_B – значение времени при соответствующих точках на кривой;
 h_A и h_B – значение ординат при точках А и Б.

Из графика, изображенного на рисунке 3 определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры.

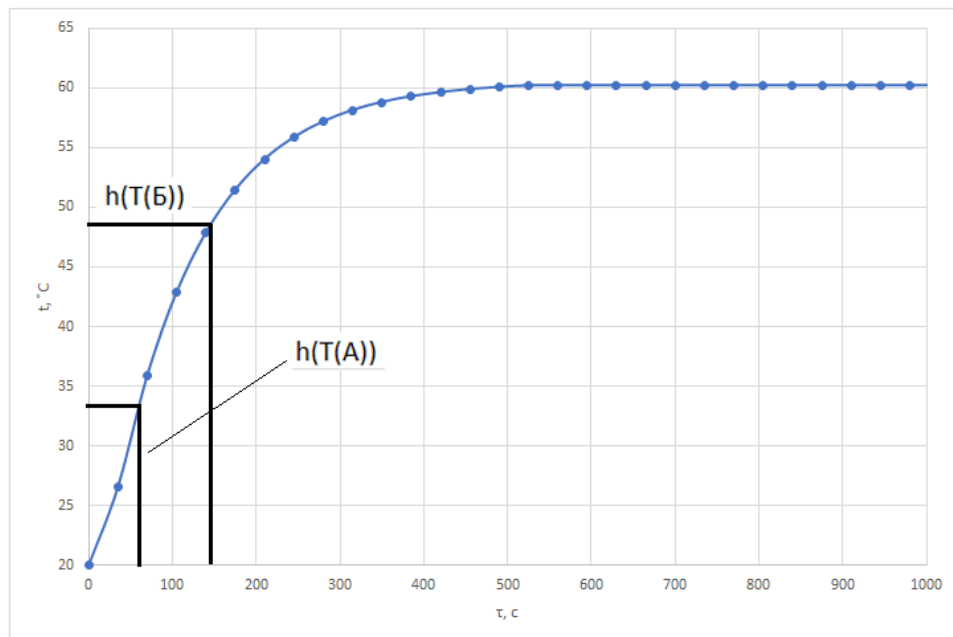


Рисунок 3 – Определение точек на кривой разгона для расчета

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Орманна. Определяется время t_B по нормированной переходной функции

$h(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B),$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 61 - 142) = 20,5 \text{ с},$$

$$T = 1,25(142 - 61) = 101,25 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{40}{(101,25P+1)} e^{-20,5P}.$$

8.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 4 изображена структурная схема системы регулирования.

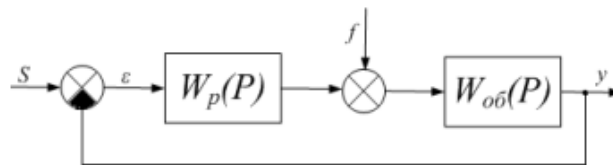


Рисунок 4 - Структурная схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени затухания равной $\psi=0,8$.

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,8) = 0,256.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{40}{(101,25P+1)} e^{-20,5P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 1 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот от 0 до $0,1 \text{ с}^{-1}$, с шагом по частоте в $0,005 \text{ с}^{-1}$.

Таблица 14 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m,\omega)$	$\text{Im}_{об}(m,\omega)$	$A_{об}(m,\omega)$
0	40	0	40
0,005	32,96921	-24,003	40,781
0,01	13,90524	-30,589	33,601
0,015	1,98347	-26,36	26,434
0,02	-3,74787	-21,012	21,344
0,025	-6,52534	-16,61	17,846
0,03	-7,929	-13,17	15,373
0,035	-8,64443	-10,446	13,559
0,04	-8,9827	-8,23	12,183
0,045	-9,09512	-6,381	11,11
0,05	-9,06039	-4,802	10,254
0,055	-8,92197	-3,43	9,559
0,06	-8,70524	-2,22	8,984
0,065	-8,42583	-1,141	8,503
0,07	-8,09397	-0,173	8,096
0,075	-7,71677	0,699	7,748
0,08	-7,29956	1,487	7,45
0,085	-6,84663	2,198	7,191
0,09	-6,36172	2,837	6,965
0,095	-5,84827	3,408	6,769
0,1	-5,30961	3,913	6,596

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

$$\frac{K_P}{T_u} = - \frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

$$K_P = - \frac{m \cdot \text{Im}_{об}(m, \omega) + \text{Re}_{об}(m, \omega)}{A_{об}^2(m, \omega)},$$

где T_u – постоянная интегрирования регулятора,

K_p – коэффициент передачи регулятора.

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0 до 0,1 с^{-1} , с шагом по частоте в 0,005 с^{-1} . Полученные значения представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	K_p
0	0	-0,017
0,005	$3,77 \cdot 10^{-5}$	-0,012
0,01	0,00014	$-7,16 \cdot 10^{-3}$
0,015	0,0003	$-1,28 \cdot 10^{-3}$
0,02	0,00049	$5,09 \cdot 10^{-3}$
0,025	0,00069	0,012
0,03	0,0009	0,019
0,035	0,00108	0,025
0,04	0,00122	0,032
0,045	0,0013	0,038
0,05	0,00132	0,043
0,055	0,00124	0,048
0,06	0,00108	0,052
0,065	0,00081	0,055
0,07	0,00043	0,057
0,075	$-5,77 \cdot 10^{-5}$	0,058
0,08	-0,00065	0,058
0,085	-0,00134	0,057
0,09	-0,00213	0,056
0,095	-0,003	0,053
0,1	-0,00394	0,049

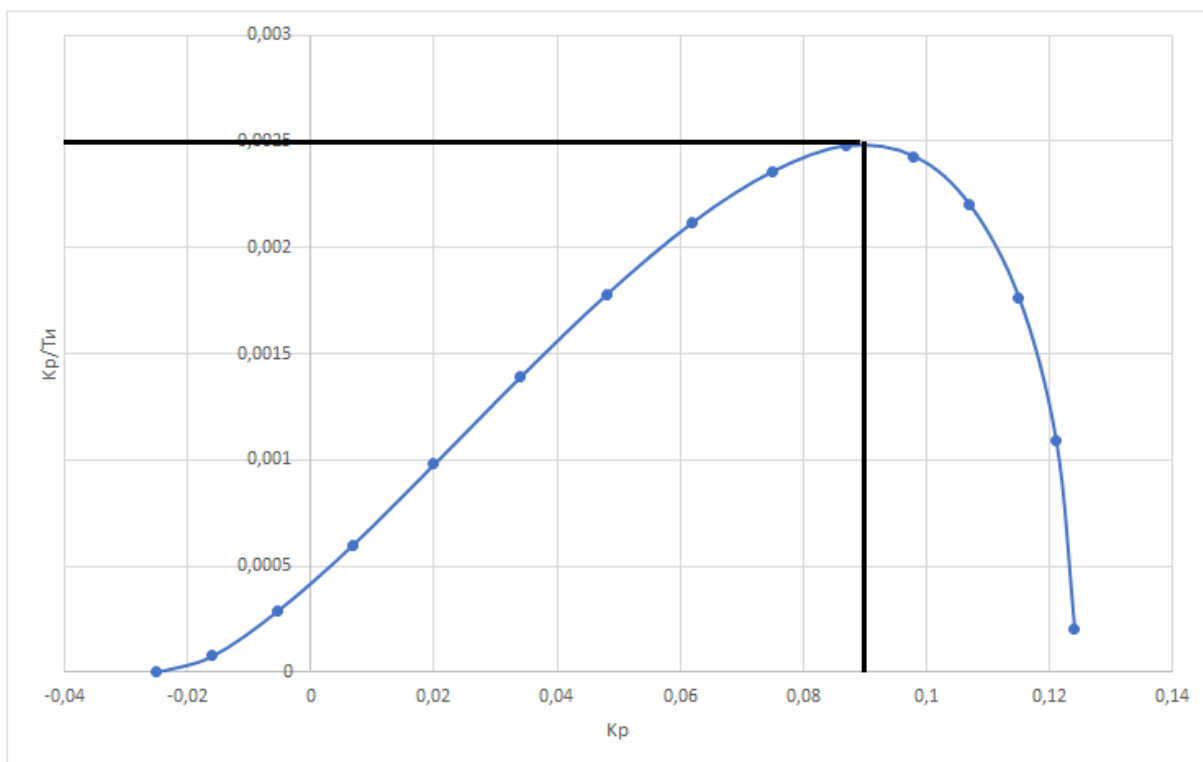


Рисунок 5 – Параметры настройки ПИ-регулятора

В качестве критерия качества используется первая интегральная оценка. Минимальное значение этой оценки соответствует точке с максимальным значением отношения K_p/T_u на линии заданного запаса устойчивости.

Из таблицы 15 определяем:

$$\max \left(\frac{K_p}{T_u} \right) = 0,00248, \quad K_p = 0,087, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,045 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{K_p/T_u} = 35,08 \text{ с.}$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)},$$

где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора;

$W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

Для расчета переходного процесса, идущего в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, используется метод трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 6 представлен график вещественной частотной характеристики.

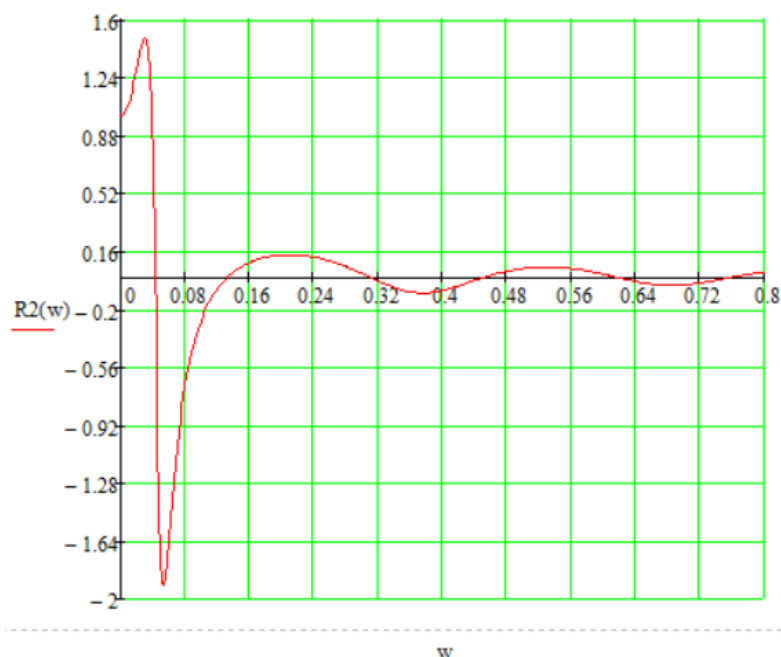


Рисунок 6 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega,$$

где $Re(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы;

ω - частота;

t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной

частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 7 определяем это значение.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,8} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 7 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет предъявленным требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

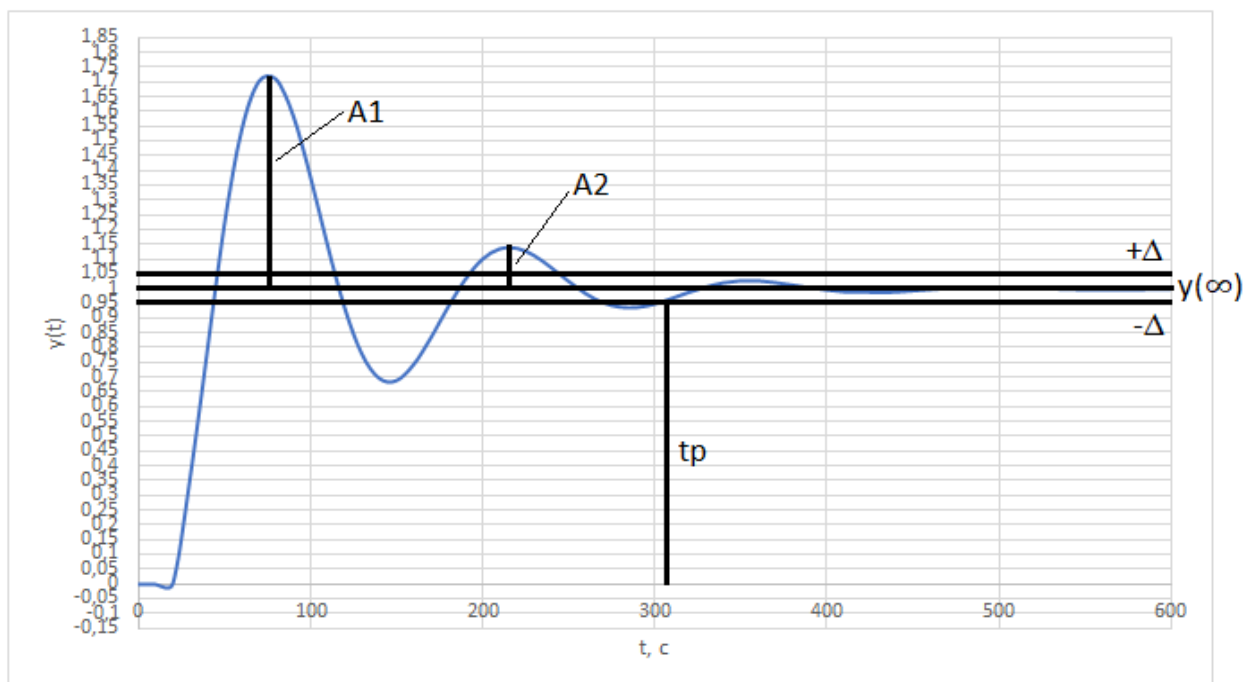


Рисунок 7 – Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Используя график, определяются прямые оценки качества:

1. Максимальная динамическая ошибка: $A_1 = 0,702$.
2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} = \frac{0,702 \cdot 100}{1} = 70,2 \%$$

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,702 - 0,138}{0,702} = 0,8.$$

4. Статическая ошибка:

$$\varepsilon_{ст} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0.$$

5. Время регулирования: $t_p = 301$ с.

Изначально к системе предъявлялось требование по скорости ее реакции на изменение параметров. По итогам расчета видно, что система обладает меньшим временем регулирования, по сравнению с системой без использования регулятора, что удовлетворяет требованию. Однако данный расчет носит лишь теоретический характер и для вычисления параметров регулятора, которые были бы применимы, необходима кривая разгона, полученная в результате испытаний объекта.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Панюков Ярослав Сергеевич

Школа	ИШЭ	НОЦ	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н ДОЦЕНТ		28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Панюков Ярослав Сергеевич		28.02.2022

9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения с помощью измерителя-регулятора технологического.

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

9.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения:

- 1) Ручное регулирование положения балансировочного клапана;
- 2) Регулирование положения балансировочного клапана регулятором прямого действия.

Детальный анализ необходим, т.к. каждая система регулирования имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 16 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данной системы с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 16 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,21	5	3	4	1,05	0,63	0,84
2. Уровень шума	0,09	3	2	3	0,27	0,18	0,27
3. Безопасность	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
4. Простота наладки	0,11	3	4	3	0,33	0,44	0,33
5. Качество регулирования	0,15	5	2	4	0,75	0,3	0,6
6. Надежность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,14	5	3	4	0,7	0,42	0,56
3. Стоимость обслуживания	0,07	5	2	3	0,35	0,14	0,21
Итого	1	39	28	33	4,53	3,21	3,84

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum(V_i \cdot B_i),$$

где K – конкурентоспособность научного исследования; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Расчет для своего исследования:

$$K = \sum(V_i \cdot B_i) = 0,21 \cdot 5 + 0,09 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,11 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,08 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,14 \cdot 5 + 0,07 \cdot 5 = 4,53.$$

Расчет для конкурента 1:

$$K = \sum(B_i \cdot B_i) = 0,21 \cdot 3 + 0,09 \cdot 2 + 0,05 \cdot 2 + 0,11 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,08 \cdot 5 + 0,12 \cdot 5 + 0,14 \cdot 3 + 0,07 \cdot 2 = 3,21.$$

Расчет для конкурента 2:

$$K = \sum(B_i \cdot B_i) = 0,21 \cdot 4 + 0,09 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,11 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,08 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 3 = 3,85.$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что автоматизированная система регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения с помощью измерителя-регулятора технологического является наиболее актуальной и перспективной, имеет конкурентоспособность.

9.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая экономичность расхода греющего теплоносителя.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для реализации.
С2. Высокая безопасность использования.	Сл2. Долгое время подготовки макета.
С3. Современность используемого оборудования.	Сл3. Вероятность получения брака.
С4. Высокое качество работы установки.	Сл4. Новизна применяемого метода.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Высокая стоимость создания.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ.	У1. Более низкая стоимость уже используемых аналогов.
В2. Появление потенциального спроса.	У2. Новизна применяемого метода ввиду уже существующих аналогов.
В3. Внедрение технологии в энергетической отрасли.	
В4. Внедрение на отечественный рынок.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 18 – 21.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	+	+
	B4	+	+	+	+	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	+	+	+	+
	B2	-	+	+	+	+
	B3	-	+	+	+	+
	B4	-	+	+	+	+

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	+	+	+	+

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	+	+	+
	У2	-	-	+	+	+

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 22.

Таблица 22 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Высокая экономичность расхода греющего теплоносителя. С2. Высокая безопасность использования. С3. Современность используемого оборудования. С4. Высокое качество работы установки. С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для реализации. Сл2. Долгое время подготовки макета. Сл3. Вероятность получения брака. Сл4. Новизна применяемого метода. Сл5. Высокая стоимость создания.</p>
<p>Возможности В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ. В2. Появление потенциального спроса. В3. Внедрение технологии в энергетической отрасли. В4. Внедрение на отечественный рынок.</p>	<p>Направления развития В2С1С2С3С4С5. Все сильные стороны положительно влияют на потенциальный спрос. В3С1С2С3С4С5. Все сильные стороны способны положительно повлиять на внедрение технологии в энергетической отрасли. В4С1С2С3С4С5. Все сильные стороны способны положительно повлиять на внедрение технологии на отечественный рынок.</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл2Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований к работе, также может уменьшить рабочую погрешность и предотвратить появление брака. В2Сл2Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований к работе, также может увеличить спрос на разрабатываемый продукт. В3Сл2Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований к работе, также может положительно сказаться на внедрении продукта в энергетической отрасли. В4Сл2Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований к работе, также может положительно сказаться на внедрении продукта на отечественный рынок.</p>
<p>Угрозы У1. Более низкая стоимость уже используемых аналогов. У2. Новизна применяемого метода ввиду уже существующих аналогов.</p>	<p>Угрозы развития У1С1С2С3С4С5. Несмотря на более низкую стоимость используемых аналогов, разрабатываемый продукт способен увеличить качество и экономичность рабочего процесса. У2С1С2С3С4С5. Несмотря на более уже существующие аналоги, разрабатываемый продукт способен увеличить качество и экономичность рабочего процесса.</p>	<p>Уязвимости: У1Сл3Сл4Сл5. Есть вероятность увеличения стоимости оборудования. Необходимо внимательно провести расчет и выбрать оптимальное оборудование для максимальной эффективности при меньших затратах. У2Сл3Сл4Сл5. Есть вероятность увеличения стоимости оборудования. Необходимо внимательно провести расчет и выбрать оптимальное оборудование для максимальной эффективности при меньших затратах.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

9.2 Планирование научно-исследовательских работ

9.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Инженер

9.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{мин}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 24.

Таблица 24 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожг}$, чел-дни		T_{pi}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
2. Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9

Продолжение таблицы 24

3. Разработка принципиальной электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	-	8	-	10	-	8,8	-	8,8	-	13
4. Разработка и создание макета установки		14		21		16,8		16,8		25
5. Написание раздела «Социальная ответственность»	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
6. Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	-	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	12
7. Составление пояснительной записки	-	5	-	8	-	6,2	-	9,2	-	9
Итого:	2	44	4	62	2,8	61,2	2,8	54,2	4	77

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 25).

Таблица 25 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█												
2	2. Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	Исп1 Исп2	9	█	█											
3	3. Разработка принципиальной электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	Исп2	13		█	█										
4	4. Разработка и создание макета установки	Исп2	25				█	█								
5	5. Написание раздела «Социальная ответственность»	Исп1 Исп2	9						█	█						
6	6. Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Исп2	12							█	█					
7	7. Составление пояснительной записки	Исп2	9									█	█			

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель), – Исп. 2 (инженер)

9.2.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

9.2.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при создании макета автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения.

Таблица 26 – Затраты на создание макета автоматизированной системы регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Труба ПВХ	м	3	130	390
Провода медные	м	2	66	132
Клапан балансировочный	шт.	1	210	210
Итого:				732

9.2.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 27 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	Н _д , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ИРТ 5501/М1	1	10	0,15	10	3500	4,38
2	Термопреобразователь сопротивления ТС-1088	1	10	0,1	10	1280	1,6
Итого:						5,98 руб.	

9.2.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где $Z_{дн}$ – средневзвешенная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 24).

Расчет основной заработной платы для научного руководителя:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2490,2 \cdot 2,8 = 6972,56$$

Расчет основной заработной платы для инженера:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2132,7 \cdot 54,2 = 115592,34$$

Средневзвешенная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{59475 \cdot 10,3}{246} = 2490,2 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{40560 \cdot 11,2}{213} = 2132,7 \text{ руб.},$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 30500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 59475 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 20800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 40560,$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 28 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 29 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	30500	0,3	0,2	1,3	59475	2490,2	2,8	6972,56
Инженер	20800	0,3	0,2	1,3	40560	2132,7	54,2	115592,34
Итого:								122564,9

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 6972,56 = 1045,88 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 115592,34 = 17338,85 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

9.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (6972,56 + 1045,88) = 2405,53 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (115592,34 + 17338,85) = 39879,38 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

9.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 30 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
5,98	732	122564,9	18384,73	42284,91	183972,52

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование реологических характеристик водоугольного топлива» по форме, приведенной в таблице 31. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научных исследований.

Таблица 31 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	5,98	1,6	8,28	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	732	732	732	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	122564,9	122564,9	122564,9	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18384,73	18384,73	18384,73	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	42284,91	42284,91	42284,91	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	36794,5	36793,63	36794,96	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИР		220767,02	220761,77	220769,78	Сумма ст. 1-6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

- 1) Ручное регулирование положения балансировочного клапана;
- 2) Регулирование положения балансировочного клапана регулятором прямого действия.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 220767,02$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 220761,77$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 220769,78$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{220767,02}{220769,78} = 0,999;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{220761,77}{220769,78} = 0,999;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{327953,38}{220769,78} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущее исследование) с меньшим перевесом считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения научного исследования (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 32).

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,05	5	2	4
2. Динамическая точность системы	0,2	5	2	4
3. Удобство в эксплуатации	0,05	5	1	4
4. Надежность	0,2	5	2	4
5. Качество регулирования	0,2	5	2	4
6. Простота наладки	0,1	4	5	4
7. Срок эксплуатации	0,2	5	3	4
ИТОГО	1	4,9	2,45	4

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,9;$$

$$I_{p2} = 0,05 \cdot 2 + 0,2 \cdot 2 + 0,05 \cdot 1 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 = 2,45;$$

$$I_{p3} = 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}},$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,9}{0,999} = 4,904;$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{2,45}{0,999} = 2,452;$$

$$I_{\text{исп.3}} = \frac{4}{1} = 4.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта научного исследования сравнивались с интегральными показателями эффективности

других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 33).

Таблица 33 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,999	0,999	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	2,45	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,904	2,452	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,5	0,82

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущее исследование). Наше научное исследование является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Заключение по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. В первой части проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Проведен анализ конкурентных технических решений. С помощью SWOT-анализа выявлены сильные, слабые стороны научного исследования, яркими представителями которых является высокая экономичность и высокая стоимость, соответственно, а также возможности и угрозы. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать

рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 81 день; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 77 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 4 дня;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 220767,02 руб;

4. Результат оценки эффективности НИ показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,999, что является показателем того, что НИ является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИ составляет 4,9, по сравнению с 2,45 и 4;

3) значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 4,904, по сравнению с 2,452 и 4, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б8В		ФИО Панюков Ярослав Сергеевич	
Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

Автоматическая система регулирования температуры с помощью измерителя-регулятора технологического	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Автоматическая система регулирования температуры с помощью измерителя-регулятора технологического</p> <p>Область применения: система горячего водоснабжения в помещениях</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение</p> <p>Размеры помещения: 50 м²</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> -датчик температуры (1); -балансировочный клапан (1); -измеритель-регулятор технологический (1). <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</p> <p>Измерение температуры воды в системе горячего водоснабжения.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05- 95</p> <p>ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий.</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> -производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных

	<p>объектов, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека;</p> <p>-производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты:</p> <p>-тепловая изоляция трубопроводов</p> <p>-изолирующие устройства и покрытия;</p> <p>-каска защитные.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<p>Воздействие на литосферу:</p> <p>-загрязнение почвы из-за попадания вредоносных микроорганизмов из-за нарушения температурных норм.</p> <p>Воздействие на гидросферу:</p> <p>-попадание вредоносных микроорганизмов в воду из-за нарушения температурных норм;</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	<p>Возможные ЧС:</p> <p>-утечка горячей воды;</p> <p>-пожар;</p> <p>-отключение ГВС.</p> <p>Наиболее типичная ЧС:</p> <p>-отключение ГВС.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Панюков Ярослав Сергеевич		

10 Социальная ответственность

В данной работе была спроектирована автоматизированная система регулирования температуры воды в системе горячего водоснабжения. Разработка велась с учетом на расположение этой системы в производственном помещении или многоквартирном доме. Эта схема предполагает размещение теплообменника и трубопроводов с греющим теплоносителем от котельной в помещении. Пользователями данной системы могут выступать жители многоквартирного дома, заводы и фабрики.

10.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основой правового законодательства является Конституция Российской Федерации, т.е., законы и правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не должны противоречить ей.

Существуют принятые нормы в области охраны труда:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

10.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Как такового рабочего места в привычном понимании в данной работе не предусматривается. Работник очень редко (раз в месяц или еще реже) приходит в помещение, чтобы проверить работоспособность технических средств автоматизации, располагающихся в шкафу управления и на трубопроводах. При этом осмотр не занимает более пятнадцати минут. К организационным мероприятиям при компоновке и эксплуатации рабочей зоны относятся:

- заземление щита автоматизации согласно ГОСТ 12.1.030-81;
- теплоизоляция горячих поверхностей теплообменника и труб с теплоносителем согласно СП 61.13330.2012;
- наличие осветительных приборов в помещении и в шкафу автоматизации согласно СП 52.13330.2016.

10.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это система, которая предотвращает или уменьшает вероятность воздействия на технический персонал опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне во время трудовой деятельности.

При проведении исследований и дальнейшей разработки проектируемого решения согласно ГОСТ 12.0.003-2015, в таблице 34 приведен перечень возможных опасных и вредных факторов.

Таблица 34 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора участка трубопровода

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
2. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий.

Продолжение таблицы 34

3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
---	---

По результатам таблицы 34 проведен более подробный анализ выделенных вредных и опасных факторов.

Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.

Свет создает нормальные условия для трудовой деятельности. Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое и физиологическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм. При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы, искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света. Так же используют совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. Для достаточной освещенности помещений используется совмещенное использование источников света. Так как

естественное освещение не создает требуемый уровень освещенности, то на рабочих местах предусмотрено использование разрядных ламп, повышающих освещенность до 700 лк. Требуемый уровень освещенности для работ категории средней точности IV должен быть не ниже 300 лк при использовании комбинированного или 200 лк при естественного способа освещения.

Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека

Во время работы системы некоторые части оборудования сильно нагреваются. Неосторожное обращение с нагретым оборудованием может привести к ожогам. Согласно ГОСТ Р 30331.4-95:

- запрещается прикасаться к нагретым частям оборудования во время его работы;
- требуется соблюдать осторожность при работе с техническими средствами автоматизации, расположенными на трубопроводах;
- рекомендуется использовать верхонки для защиты рук от ожогов.

Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник

В помещении с большим количеством аппаратуры, использующей однофазный электрический ток, промышленной частоты напряжением 220 В, есть вероятность электропоражения. Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

На любом рабочем месте существует опасность поражения электрическим током. При этом электрический ток производит термическое, электролитическое, биологическое воздействие на организм человека. Действие электрического тока приводит к местным электротравмам и электрическим ударам. Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 35.

Таблица 35 – Значения напряжений прикосновений и токов

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

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

1. при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
2. при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
3. при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

1. своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
2. наличие общего рубильника;
3. установки защитного заземления;
4. изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;

5. использование средств индивидуальной защиты головы и рук (каска защитные, диэлектрические перчатки);
6. постоянный контроль изоляции.

10.3 Экологическая безопасность

Загрязнение (окружающей среды, природной среды, биосферы) – это привнесение в окружающую среду (природную среду, биосферу) или возникновение в ней новых, обычно не характерных физических, химических или биологических агентов (загрязнителей), или превышение их естественного среднесуточного уровня в различных средах, приводящее к негативным воздействиям.

Защита гидросферы

Для подогрева воды во вторичном трубопроводе используется неочищенная вода с котельной. После ее использования вода либо используется повторно, либо сбрасывается в водоемы. Перед тем как сбросить воду обратно в водоем ее остужают и очищают. Для очистки сточных вод используют механическую очистку, физико-химическую очистку, химическую очистку, биохимическую.

Защита литосферы

Микроорганизмы, содержащиеся в воде, при ее утечке, осаждаются на поверхности земли и загрязняют почву. Еще одним источником загрязнения являются осадения солей, образующиеся в процессе химической реакции между материалами труб и солей, содержащихся в воде. Соли через почву попадают в грунтовые воды, тем самым загрязняя их.

Для предотвращения такого опасного источника загрязнения необходима своевременная и качественная очистка используемой воды.

10.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Возможные чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на данном объекте: пожары, утечки горячей воды и отключение горячего водоснабжения.

При использовании данной системы регулирования необходимо уделить внимание пожаробезопасности и электробезопасности.

Возгорание может произойти на месте установки оборудования, из-за его выхода из строя.

Согласно перечню, указанному в [7], в данных помещениях необходимо устанавливать автоматические установки пожаротушения и автоматические установки пожарной сигнализации. Своевременно принятые меры пожарной безопасности могут предупредить возгорание и не допустить поломок в системе оборудования:

1. персонал должен проходить тренировочные учения для того, чтобы знать, как действовать в ЧС;
2. в обязанности рабочего персонала входит осмотр оборудования в конце каждого рабочего дня. При обнаружении поломок их устраняют в кратчайшие сроки;
3. приборы под напряжением и легковоспламеняющиеся вещества необходимо размещать вдали от источника огня;

4. цех должен быть оснащен автоматической системой пожарной безопасности, а также датчиками задымления.

В случае возникновения пожара сотрудники предприятия должны предпринять следующую последовательность действий:

1. работник, заметивший воспламенение, должен незамедлительно сообщить о пожаре в пожарную службу;
2. до прибытия спасателей весь персонал, не задействованный в тушении, удаляется с объекта возгорания;
3. электричество во всем здании должно быть отключено, а также прекращены все работы до начала тушения;
4. при поломках в автоматической системе пожаротушения необходимо включить ее вручную;
5. работник должен приступить к тушению воспламенения с помощью первичных средств пожаротушения;

Заключение по разделу

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

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

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматизированная система регулирования температуры с применением измерителя-регулятора технологического.

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана проектная документация: схема структурная, схема функциональная, схема электрическая соединений, схема монтажная и общий вид щита.

Спроектированная система удовлетворяет предъявленным к ней требованиям и обеспечивает:

- работу системы регулирования температуры полностью в автоматическом режиме без постоянного присутствия персонала;
- соблюдение требований, предъявленных к температуре;
- изменение установленных значений температуры по требованию без ее останова;

В пояснительной записке к выпускной квалификационной работе содержится описание выбора некоторого оборудования и этапов разработки конструкторской документации. Кроме того, произведен расчет параметров настройки регулятора и определены прямые оценки качества, выполнены разделы «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Список использованных источников

1. Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на тэс : учебник для вузов / В. С. Андык. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 407 с.
2. Волошенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2008. – 108 с.
3. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети. Учебник. - М: Изд. ИНФРА-М, 2012. – 480с.
4. Плетнев Г.П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок. Учебник для энергетических и 103 энергостроительных техникумов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976. – 424 с.
5. ООО «Элемер». Каталог продукции 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elemer.ru/files/catalog/pervichka.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
6. ООО «ЗАВОД ТЕПЛОСИЛА». Каталог продукции 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://teplosila.com/assets/files/katalog/catalog-final_september_web11.pdf свободный. – Загл. с экрана.
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
8. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие // О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. – 3-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

9. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение (с Изменением N 1).

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

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

12. СанПиН 2.1.4.1074-01. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902156582?marker=6580IP>. - Загл. с экрана.

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