

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) НОЦ И.Н. Бутакова

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА ПАРОГЕНЕРАТОРА БКЗ- 220-100 СТЕПНОГОРСКОЙ ТЭЦ</b>

УДК 681.51:621.18.013.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Карим Аян Саятулы		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Высокоморная Ольга Валерьевна	к.ф.-м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2021 г.

**Планируемые результаты выпускника освоения образовательной программы  
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном (-ых) языке
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
<b>ОПК(У)-2</b>	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией
<b>ПК(У)-2</b>	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием
<b>ПК(У)-3</b>	Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам
<b>ПК(У)-8</b>	Готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве
<b>ПК(У)-10</b>	Готовность к участию в работах по освоению, доводке и сопровождению технологических процессов

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 специализации ООП  
 \_\_\_\_\_ Ю.К. Атрошенко  
 (Подпись)      (Дата)                      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7В	Карим Аяну Саятулы

Тема работы:

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА ПАРОГЕНЕРАТОРА БКЗ- 220-100 СТЕПНОГОРСКОЙ ТЭЦ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 29-59/с от 29.01.2021 г.

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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 проектирования является Степногорская ТЭЦ (Казахстан). Цель выпускной квалификационной работы – создание проекта модернизации автоматической системы регулирования температуры перегретого пара энергетического котла БКЗ-220-100.</p> <p><b>Характеристики объекта:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– паропроизводительность 220 т/ч;</li> <li>– давление перегретого пара 10 МПа;</li> <li>– температура перегретого пара 540 °С;</li> <li>– давление в барабане 11,2 МПа;</li> </ul>
---	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– объем камеры сгорания 1040 м<sup>3</sup>;</li> <li>– компоновка котла П-образная.</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>	<p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание объекта автоматизации;</li> <li>2. Описание системы регулирования;</li> <li>3. Разработка функциональной схемы АСР;</li> <li>4. Разработка принципиальной электрической схемы;</li> <li>5. Разработка монтажной схемы АСР;</li> <li>6. Разработка общего вида щита КИПиА;</li> <li>7. Разработка прикладного программного обеспечения;</li> <li>8. Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение;</li> <li>9. Социальная ответственность;</li> </ol> <p>Заключение.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Схема структурная АСР;</li> <li>2. Схема функциональная АСР;</li> <li>3. Схема принципиальная электрическая АСР;</li> <li>4. Схема монтажная;</li> <li>5. Общий вид щита КИПиА;</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент</b>	Доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Клемашева Елена Игоревна
<b>Социальная ответственность</b>	Ассистент ООД ШБИП Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.12.20
---	----------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Высокоморная О.В.	к.ф.-м.н.		01.12.20

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Карим Аян Саятулы		01.12.20

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 113 с., 25 рисунков, 51 таблицу, 77 источников, 10 л. графического материала.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования (АСР), паровой котел, температура перегретого пара парового котла, технические средства автоматизации.

Цель работы – разработка АСР температуры перегретого пара парового котла с использованием современных технических средств автоматизации.

В данной работе выбрана структура автоматической системы регулирования, разработана функциональная схема, принципиальная электрическая схема, монтажная схема и общий вид щита управления, произведен выбор технических средств автоматизации и составлена заказная спецификация, разработано программное обеспечение среднего и верхнего уровня, проведена оценка коммерческой ценности проекта, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

## Оглавление

Введение .....	8
1 Описание объекта управления .....	9
2 Описание системы регулирования .....	12
2.1 Способы регулирования температуры перегретого пара.....	12
2.2 Технологическая схема регулирования .....	17
3 Разработка функциональной схемы АСР .....	22
3.1 Выбор технических средств автоматизации.....	24
3.1.1 Выбор первичного преобразователя температуры.....	25
3.1.2 Выбор нормирующего преобразователя сигналов термопар.....	27
3.1.3 Выбор исполнительного механизма .....	29
3.1.4 Выбор контроллера.....	31
3.2 Составление заказной спецификации .....	33
4 Разработка принципиальной электрической схемы.....	35
4.1 Элементы и устройства подсистемы электрического питания .....	35
4.2 Элементы и устройства подсистемы микроклимата .....	38
4.3 Элементы и устройства подсистемы ввода аналоговых сигналов.....	40
4.4 Элементы и устройства подсистемы вывода аналоговых сигналов .....	43
4.5 Элементы и устройства подсистемы ввода дискретных сигналов.....	45
4.6 Элементы и устройства подсистемы вывода дискретных сигналов.....	47
4.7 Элементы и устройства подсистемы управления исполнительным механизмом.....	49
5 Разработка монтажной схемы.....	52
6 Разработка общего вида щита управления.....	54
7 Разработка прикладного программного обеспечения среднего уровня.....	56
7.1 Описание кода программы .....	56
7.2 Описание графического интерфейса.....	61
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	66
8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	66
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	66
8.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	66
8.1.3 SWOT-анализ .....	69
8.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	72
8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	72

8.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	73
8.2.3	Разработка графика научного исследования.....	74
8.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	78
8.3.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	78
8.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	78
8.3.3	Основная заработная плата исполнителей проекта .....	79
8.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	81
8.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	82
8.3.6	Услуги сторонних организаций.....	83
8.3.7	Накладные расходы .....	83
8.3.8	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	84
8.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	84
8.4.1	Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	84
	Вывод по разделу .....	86
9	Социальная ответственность .....	89
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
9.1.1	Специальные трудовые нормы правового законодательства .....	89
9.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	91
9.2	Производственная безопасность.....	92
9.3	Анализ опасных и вредных факторов .....	94
9.4	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов .....	98
9.5	Экологическая безопасность.....	99
9.6	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	100
	Выводы по разделу.....	101
	Заключение.....	102
	Список использованных источников .....	104
Графический материал:	на отдельных листах	
ФЮРА.421000.009 С1	Схема структурная	
ФЮРА.421000.009 С2	Схема функциональная	
ФЮРА.421000.009 Э3	Схема принципиальная электрическая	
ФЮРА.421000.009 Э4	Схема монтажная	
ФЮРА.421000.009 ВО	Общий вид щита управления	

## Введение

Тепловые электрические станции представляют собой достаточно сложные технологические объекты. Безопасная и экономичная работа оборудования и систем станции обеспечивается при использовании автоматических систем управления.

Автоматической системой регулирования (АСР) называют систему, задачей которой является автоматическое поддержание регулируемой величины на заданном уровне. Автоматическая система регулирования позволяет выявлять отклонения регулируемых величин и воздействовать на объект управления для устранения этих отклонений.

В Казахстане и в странах бывшего СССР огромное число тепловых электрических станций нуждаются в усовершенствовании технологических схем, а также систем управления и контроля основного технологического оборудования. Это обусловлено тем, что системы управления и контроля эксплуатируются на протяжении более 40 лет, а система модернизации оборудования находится в состоянии стагнации.

Автоматические системы управления котлоагрегатами, находящиеся в эксплуатации на Степногорской ТЭЦ, не стали исключением. Для повышения экономичности и эффективности станции необходимо совершенствование ее систем автоматического регулирования.

На современных ТЭЦ предъявляются достаточно жесткие требования к точности поддержания температуры перегретого пара. Температура должна поддерживаться близкой к той величине, которая была задана при проектировании котлоагрегата. Сниженная температура может привести к падению экономичности всей системы, а также увеличить риски возникновения аварийных ситуаций (заброс воды вместе с паром). Повышенная температура может привести к деформации и преждевременному износу металла в конструкции котлоагрегата, что в конечном счете приводит к аварийной остановке котла.



## 1 Описание объекта управления

Одним из основных агрегатов на тепловой электрической станции является паровой котел — устройство, имеющее систему поверхностей нагрева для получения пара из непрерывно поступающей в него питательной воды путем использования теплоты, выделяющейся при сгорании органического топлива.

На сегодняшний день наиболее распространенными на территории СНГ являются котлы с высокой энергетической мощностью и имеющие наибольшую способность к модернизации отдельных компонентов. Одними из таких являются котлы серии Е Барнаульского котельного завода, которые относятся к энергетическим котлам большой мощности и устанавливаются в основном на ТЭЦ.

Котлоагрегат БКЗ-220-100, изготовленный на Барнаульском котельном заводе, на сегодняшний день обеспечивает производство пара необходимых параметров для турбогенераторов. Сжигание природного топлива в топке осуществляется факельным методом. Угольная пыль проходит по пылевому тракту при помощи типовых мельниц ШБМ (шаровая барабанная мельница) из промышленного бункера в количестве две на один котел. Котел имеет один барабан с естественной циркуляцией воды. По завершении сжигания угольной пыли зола в камере сгорания удаляется золоуловителями. Основные характеристики котла БКЗ-220-100 представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Основные характеристики котла БКЗ-220-100

Параметры	Характеристики
Паропроизводительность	220 т/ч
Давление перегретого пара	10 МПа
Температура перегретого пара	540 °С
Температура питательной воды	215 °С
Давление в барабане	11,2 МПа
Непрерывная продувка	До 1 %

Продолжение таблицы 1

Параметры	Характеристики
Объем камеры сгорания	1040 м <sup>3</sup>
Вес барабана	47514 кг
Число пылевых щелевых горелок	4
Размеры топки	6656 х 9536 мм
Компоновка котла	П-образная

На рисунке 1 изображен продольный разрез котла БКЗ-220-100 [2].

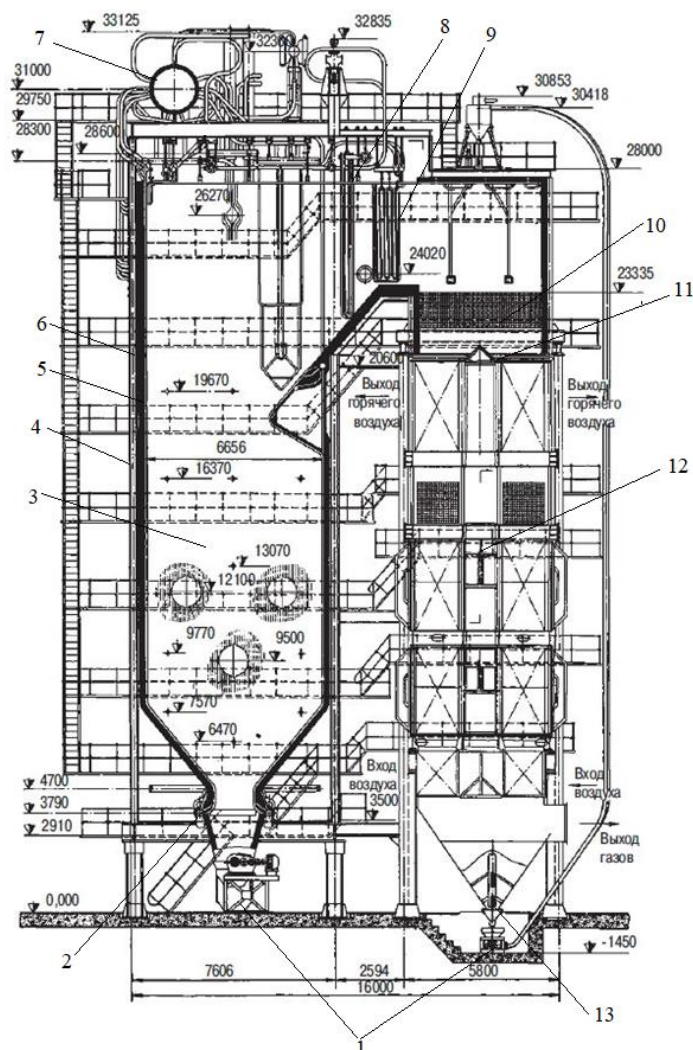


Рисунок 1 – Продольный разрез котла БКЗ-220-100: 1 – каналы гидрозоло(шлако)удаления; 2 – нижние коллекторы экранов; 3 – топка котла; 4 – опускные трубы; 5 – обмуровки; 6 – трубы топочных экранов; 7 – барабан; 8,9 – потолочные конвективные пароперегреватели; 10 – промежуточный пароперегреватель; 11 – экономайзер; 12 – воздухоподогреватель; 13 – зола

На современных ТЭЦ предъявляются достаточно жесткие требования к системам регулирования температуры перегретого пара. Предельные отклонения от заданного значения могут составлять около плюс-минус 15 °С. Отклонения температуры перегретого пара для неотопливаемых котлов следует выдерживать в диапазоне нагрузок от 70 до 100 процентов номинальной мощности, а для котлов с подогревом – от 80 до 100 процентов [3,4].

Неравномерное изменение подачи топлива, изменение тягового режима и прочие возмущения оказывают существенное влияние на температуру перегретого пара. В связи с этим устройства, осуществляющие регулирование температуры перегретого пара, являются обязательными в процессе эксплуатации современных пароперегревателей.

## 2 Описание системы регулирования

### 2.1 Способы регулирования температуры перегретого пара

К способам регулирования температуры перегретого пара относят смешение, поверхностное охлаждение и воздействие на тепловосприятие. Рассмотрим каждый способ более подробно [5].

Способ смешения предполагает, что в поток перегретого пара впрыскивается вода или пар с более низким теплосодержанием. Впрыскивающий пароохладитель (ВПО) устанавливают в рассечку отдельных ступеней пароперегревателя (ПП), чтобы защитить регулируемый пакет от высоких температур и повысить качество регулирования. Его также проектируют согласно следующим требованиям: если система будет претерпевать сильные возмущения, которые будут уменьшать температуру перегретого пара, ВПО будет работать в сторону либо большего его увеличения, либо приравнивать значение температуры к заданному.

Впрыск может осуществляться питательной водой (при надлежащем качестве питательной воды), конденсатом паровых турбин (этот способ требует установки плунжерных насосов для создания нужного напора), собственным конденсатом или паром с меньшим теплосодержанием.

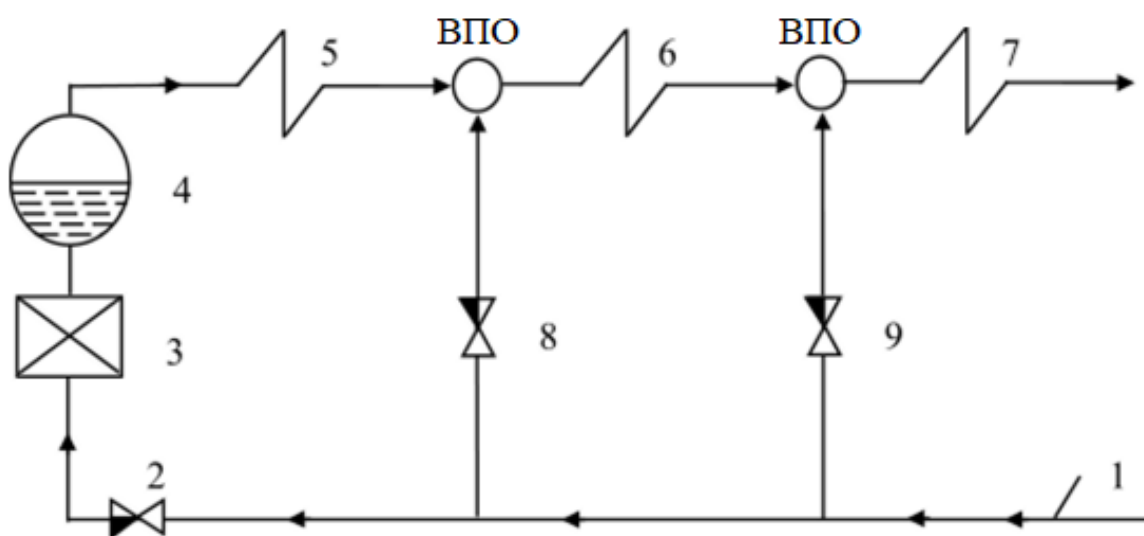


Рисунок 2 – Схема реализации впрыска питательной воды: 1 – питательная вода из магистрали; 2 – питательный клапан; 3 – экономайзер; 4 – барабан парогенератора; 5,6,7 – пароперегреватели; 8,9 – регулирующие клапаны впрыска; ВПО – впрыскивающий пароохладитель

Схема реализации впрыска питательной воды представлена на рисунке 2. Питательная вода поступает на питательный клапан, далее поступает в экономайзер и барабан котла. Пар из барабана поступает в пароперегреватели. Из этой же магистрали вода поступает на вход клапанов впрыска. В них создается перепад давления, и питательная вода «самотеком» из пароохладителей впрыскивается в перегретый пар и понижает его температуру. В случае, когда необходимо изменить температуру перегретого пара, используют положение регулирующих клапанов для изменения расхода питательной воды.

В том случае, когда питательная вода не удовлетворяет требуемым критериям качества (повышенное содержание солей), применяется впрыск «собственного конденсата». Схема, реализующая этот способ, представлена на рисунке 3.

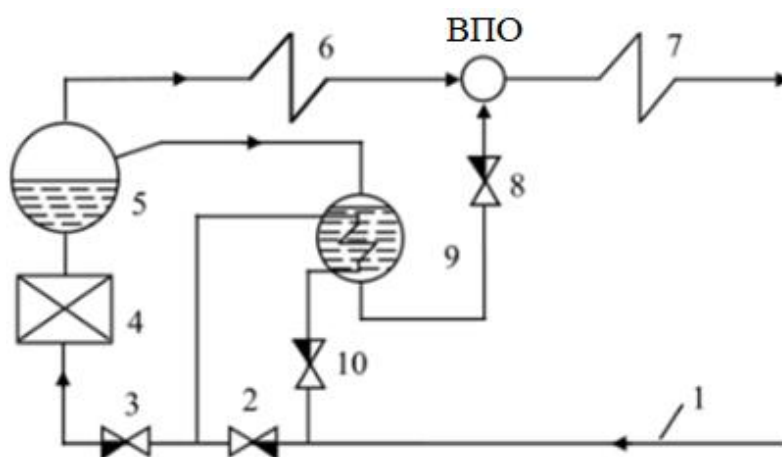


Рисунок 3 – Схема реализации впрыска «собственного конденсата»: 1 – питательная вода из магистрали; 2 – подпорный клапан; 3 – питательный клапан; 4 – экономайзер; 5 – барабан парогенератора; 6,7 – пароперегреватели; 8 – регулирующий клапан впрыска; 9 – конденсатор; 10 – регулирующий клапан; ВПО – впрыскивающий пароохладитель

Приведенная выше схема иллюстрирует, каким образом осуществляется реализация впрыска так называемого «собственного конденсата». Питательная вода поступает на регулирующий клапан, а также на подпорный и питательный клапана, далее в экономайзер и барабан. Часть пара идет в общую паровую магистраль, последовательно проходит через перегреватели и ВПО. Вторая часть

идет в конденсатор и образует «собственный конденсат». Охлаждение в конденсаторе происходит за счет питательной воды, расход которой регулируется при помощи соответствующего клапана номер 10. Напор создается подпорным клапаном номер 2. Впрыск конденсата производится за счет перепада давлений в барабане и перегретого пара в месте впрыска. Регулирующим воздействием на температуру перегретого пара является расход впрыскиваемого конденсата. Данная величина настраивается при помощи регулирующего клапана впрыска.

Одним из недостатков использования данного способа регулирования температуры чаще всего является сложная эксплуатация конструкции. Однако данный метод является достаточно малозатратным по сравнению с остальными способами регулирования температуры перегретого пара.

Еще одним достоинством является то, что при изменении нагрузки котла, можно напрямую менять расход конденсата из-за перепада давления на участке барабана и пароохладителя. Это говорит о способности к саморегулированию температуры перегретого пара при изменении нагрузки.

Впрыск пара с меньшим теплосодержанием осуществляется байпасированием пара через необогреваемый байпас. Схема реализации представлена на рисунке 4.

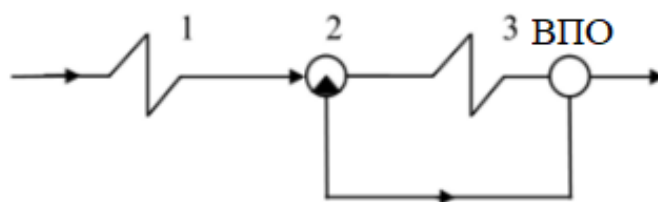


Рисунок 4 – Схема регулирования температуры перегретого пара путем байпасирования: 1,3 – пароперегреватели; 2 – двухходовой регулирующий клапан; ВПО – впрыскивающий пароохладитель

В рассечку двух пароперегревателей установлен двухходовой клапан, который регулирует расход пара, проходящий через необогреваемый байпас. На выходе происходит смешивание двух потоков пара. Таким образом, путем

регулирования положения клапана можно осуществить регулирование температуры перегретого пара.

Следующий способ регулирования заключается в использовании так называемых поверхностных пароохладителей. Это поверхностные теплообменники, которые осуществляют передачу тепла перегретого пара к охлаждающей среде. В качестве такой среды может использоваться питательная вода. Реализация данного способа регулирования представлена на рисунке 5.

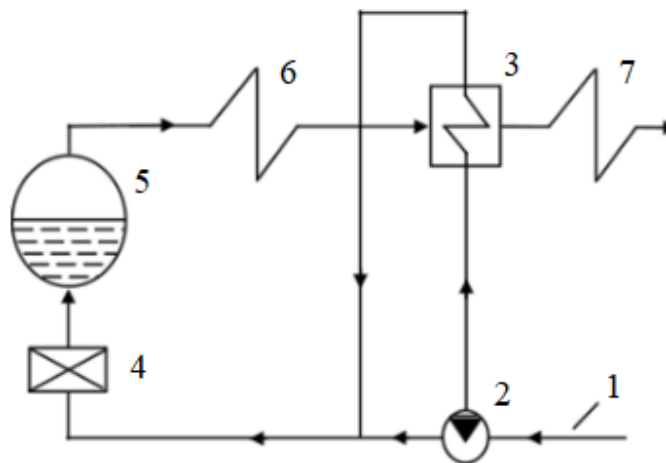


Рисунок 5 – Схема регулирования температуры перегретого пара с использованием поверхностных пароохладителей: 1 – питательная вода из магистрали; 2 – двухходовой регулируемый клапан; 3 – поверхностный пароохладитель; 4 – экономайзер; 5 – барабан парогенератора; 6,7 – пароперегреватели

Питательная вода поступает на двухходовой регулируемый клапан, часть проходит через экономайзер и барабан. Вторая часть уходит в поверхностный пароохладитель. Устройство передает часть тепла в ток питательной воды. Регулирующее воздействие расхода воды на температуру перегретого пара осуществляется при помощи регулируемого положения двухходового клапана.

Одним из основных недостатков использования данного метода является большая инерционность используемого устройства, а также сложность в эксплуатации. Метод применим для котлов малой производительности.

Следующий способ регулирования температуры перегретого пара – воздействие на тепловосприятие – имеет несколько вариантов реализации: изменение положения факела в котле, распределение дымовых газов по газоходам и рециркуляция дымовых газов.

Реализация последнего представлена на рисунке 6. Дымовые газы, возвращаются в топку котла при помощи дымососа рециркуляции. Его производительность зависит от положения направляющего аппарата.

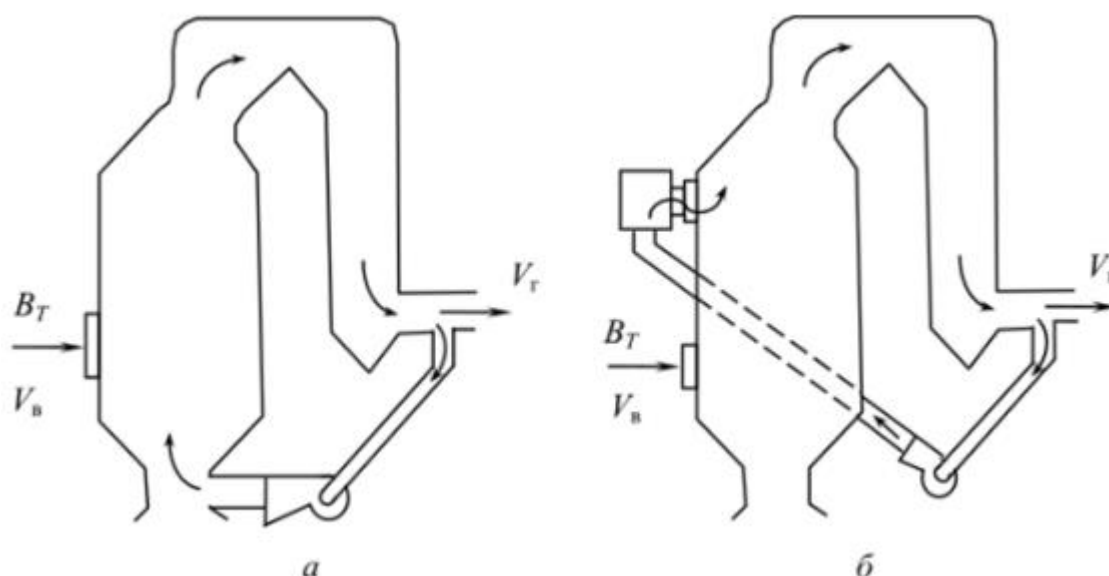


Рисунок 6 – Схемы регулирования температуры перегретого пара с использованием рециркуляции дымовых газов:  $B_T$  – расход топлива;  $V_B$  – объем воздуха, подаваемого в топку;  $V_r$  – объем дымовых газов; а – ввод дымовых газов ниже горелок; б – ввод дымовых газов выше горелок

В первом случае (рисунок 6, а) эффективность воздействия на тепловосприятие выше, чем во втором (рисунок 6, б). Однако при использовании второй схемы, осуществляется меньшее шлакование поверхностей нагрева.

Основными недостатками использования данного метода являются потери тепла вместе с уходящими газами, а также сложность эксплуатации самой конструкции.

Регулировать температуру перегретого пара можно при помощи горелок в топке котла. Это можно сделать путем их поворота под определенный угол, либо переключением при их расположении в несколько рядов. Реализация данного метода представлена на рисунке 7.



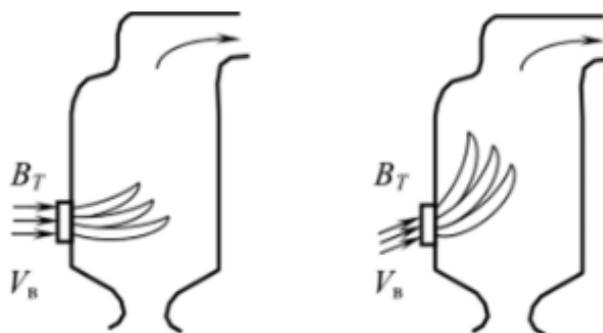


Рисунок 7 – Положение факела при различных углах расположения горелок:  $B_T$  – расход топлива;  $V_B$  – объем воздуха, подаваемого в топку

В данном случае нарушается настроенный топочный режим, что приводит к снижению экономичности парогенератора.

Рассмотрев все методы регулирования температуры перегретого пара, можно сделать вывод, что оптимальным и наиболее пригодным для использования является метод смешения. Для реализации данного метода требуются минимальные затраты и при этом обеспечивается высокая точность. Другие методы имеют больше недостатков. Например, рассмотренный метод поверхностного охлаждения имеет сложную конструкцию и низкую точность. Методы воздействия на тепловосприятие имеют негативное влияние на экономичность парогенератора, имеют повышенные потери тепла. На основании выбранного способа будет разработана структурная схема автоматической системы регулирования температуры перегретого пара.

## 2.2 Технологическая схема регулирования

Рассмотрим двухимпульсную систему регулирования температуры перегретого пара [5]. Из схемы, представленной на рисунке 8, видно, что предвключенный пароперегреватель 1 установлен после котла. В свою очередь, регулируемый пакет 3 введен в систему после впрыскивающего пароохладителя 2. Последний осуществляет регулирующее воздействие при помощи впрыска питательной воды в поток перегретого пара.

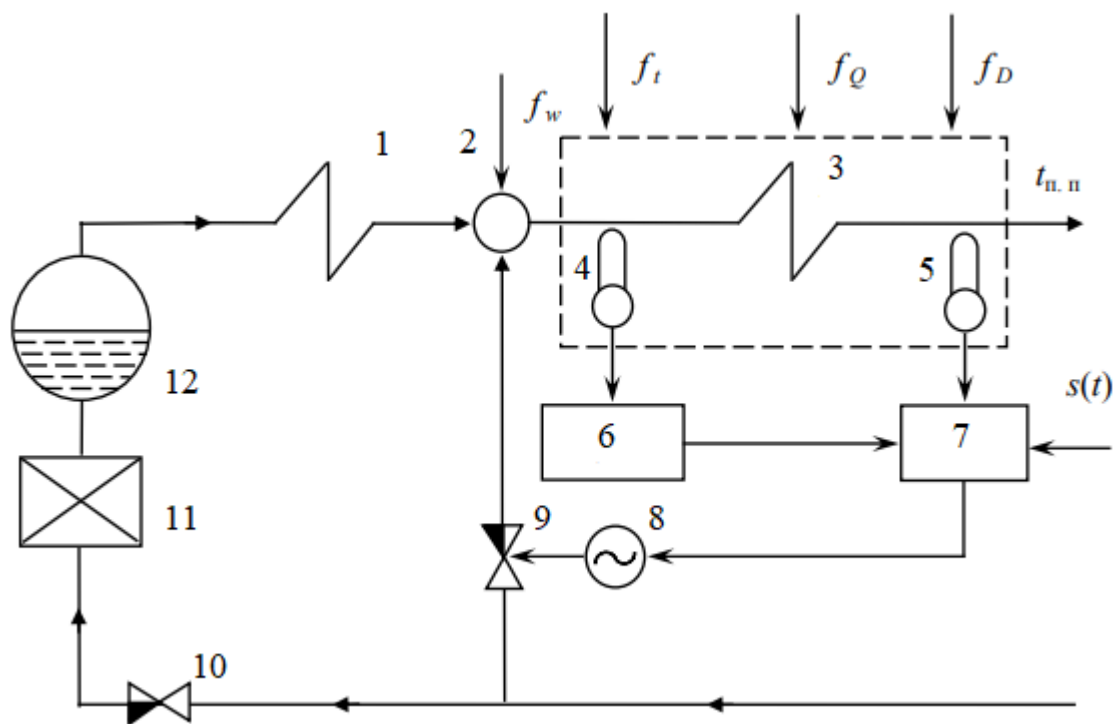


Рисунок 8 – Схема двухимпульсной автоматической системы регулирования температуры перегретого пара: 1,3 – пароперегреватели; 2 – впрыскивающий пароохладитель; 4,5 – термопары; 6 – дифференциатор; 7 – регулирующее устройство; 8 – исполнительный механизм; 9 – регулирующий орган; 10 – питательный клапан; 11 – экономайзер; 12 – барабан котла

АСР температуры перегретого пара барабанного котлоагрегата должна отвечать техническим требованиям, а именно [5]:

- обеспечивать устойчивую работу автоматических регуляторов (следовательно, должны отсутствовать автоколебания), минимальное количество их включений (не более шести включений в минуту);

- поддерживать заданное значение температуры перегретого пара  $t_{п.п}$  равно  $565\text{ }^{\circ}\text{C}$  на выходе из котла при номинальной нагрузке с отклонением менее 1 процента от номинального значения температуры;

- допустимые отклонения температуры должны составлять от плюс  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до минус  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- при ступенчатом изменении нагрузки на 10 процента от исходной номинальной максимальное отклонение  $t_{п.п}$  меньше или равно плюс-минус  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Указанные требования предъявляются в условиях стационарного режима работы АСР. В переходных режимах работы параметры могут иметь большое отклонение, в связи с чем необходимо принимать меры по их минимизации.

На регулируемый пакет пароперегревателя действует ряд возмущений. Одним из них является возмущение  $f_w$ , возникающее вследствие нестабильного расхода питательной воды, которая идет на впрыск. Как видно из схемы, данное возмущение идет по каналу регулирующего воздействия. Также возникают возмущения, связанные с изменением температуры перегретого пара на выходе предвключенного пакета пароперегревателя  $f_t$ , изменением обогрева газами  $f_Q$  и с изменением расхода пара  $f_D$  [3].

В данной схеме регулирование температуры осуществляется следующим образом. Дополнительная термопара 4 измеряет температуру за впрыскивающим пароохладителем 2 и посылает информацию в блок дифференциатора 6. Далее сигнал поступает на вход регулирующего устройства 7. Изменения температуры за пароохладителем сразу воспринимаются дополнительной термопарой и регулирующей орган проводит необходимые изменения расхода питательной воды, идущей на впрыск, до начала изменения температуры перегретого пара. Информация о возмущениях  $f_w$  и  $f_t$  поступает на вход регулятора и поэтому регулирование происходит практически без инерции и запаздывания.

В системе используется вспомогательное воздействие температуры перегретого пара за впрыскивающим пароохладителем.

Вследствие того, что в установившихся режимах работы регулятор должен формировать оптимальное значение только температуры  $t_{п.п}$ , сигнал от дополнительной термопары должен поступать на вход регулирующего устройства лишь в переходном режиме. В таком случае используется дифференциатор [5]. В установившемся режиме изменений нет, в таком случае сигнал от термопары 4 будет равен нулю и на регулятор будет поступать значение от термопары 5.

Дополнительный информационный канал образует внутренний малоинерционный контур, который обладает гораздо более высоким

быстродействием и низким запаздыванием, чем внешний инерционный контур. Переходные процессы во внутреннем контуре оканчиваются быстрее, чем они могут перейти на выход внешнего. Такая особенность оправдывает высокую эффективность данной системы в подавлении нежелательных возмущений. В свою очередь, внешний контур нейтрализует возмущения обогревом либо изменением расхода перегретого пара.

Таким образом, составим структурную схему автоматической системы регулирования температуры перегретого пара. Схема представлена на листе А4 с шифром ФЮРА.421000.009 С1.

Регулирование осуществляется следующим образом: в контроллере формируется необходимая уставка, которая подается на вход регулирующего устройства РУ. Измерение температуры после впрыскивающего пароохладителя осуществляется при помощи измерительного преобразователя температуры номер 1 ИПТ1, далее сигнал поступает на вход регулирующего устройства. Измерение температуры после второго пакета пароперегревателя ПП2 осуществляется при помощи измерительного преобразователя температуры номер 2 ИПТ2. Сигнал от регулирующего устройства подается на вход встроенного интеллектуального блока КИМ2, при помощи которого также можно осуществлять как дистанционное, так и регулирование по месту (панель местного управления установлена на электроприводе). В ИМ также встроен бесконтактный тиристорный пускатель, поэтому нет необходимости выбирать пускатель отдельно. При поступлении сигнала контроллер КИМ2 подает питание на двигатель электропривода, выходной орган электропривода движется в соответствии с поступившей командой и изменяет положение регулирующего органа РО.

В данной системе в качестве регулирующего устройства предполагается использование программируемого логического контроллера. В таком случае дистанционный указатель положения можно удалить. Положение вала исполнительного механизма можно контролировать либо дистанционно, либо при помощи панели местного управления, установленной на электроприводе.

Сигнал о положении может поступать на аналоговый вход контроллера, так как в исполнительном механизме существует встроенный датчик, указывающий положение вала. При использовании контроллера в самом аппаратном обеспечении существует возможность формировать необходимую уставку. В таком случае возникновение ложного сигнала при работе в установившемся режиме исключается. Соответственно, использование в данной системе дифференциатора и ручного задатчика отпадает.

Использование программируемого логического контроллера увеличивает простоту и надежность системы регулирования. Текущие значения температур за пароохладителем и после пароперегревателя измеряются при помощи измерительных преобразователей ИПТ1 и ИПТ2. Информация напрямую передается на вход программируемого контроллера. Там же и вырабатывается управляющее воздействие, поступающее на интеллектуальный блок КИМ2. Встроенный контроллер подает питание на двигатель, соответственно изменяется положение регулирующего органа РО. Таким образом, изменяется расход впрыскиваемой питательной воды и осуществляется регулирование температуры перегретого пара.

На основании принципиальной и структурной схем в следующем разделе работы будет описана функциональная схема регулирования температуры перегретого пара.

### 3 Разработка функциональной схемы АСР

На функциональных схемах автоматизации отражают структуру разрабатываемой системы, устанавливают основные точки сбора информации, методику измерения параметров, перечень основных технических средств автоматизации, а также определяются с размещением оборудования на щите управления [4].

При выполнении ВКР разработана функциональная схема системы регулирования температуры перегретого пара. Перечень контролируемых параметров представлен в таблице 2. Регулируемым параметром является температура перегретого пара после второго пакета пароперегревателя.

Таблица 2 – Контролируемые параметры

Наименование параметра	Значение параметра
Температура на входе второго пакета пароперегревателя	320 °С
Температура на выходе второго пакета пароперегревателя	540 °С

На технологической схеме точки отбора информации расположены до и после впрыскивающего пароохладителя ВПО. Передача информации осуществляется при помощи термопар через нормирующие преобразователи, которые установлены на щите. Далее преобразованный сигнал поступает на вход контроллера. Использование нормирующих преобразователей в данной системе необходимо. Это обусловлено тем, что при использовании первичных преобразователей в сложных промышленных условиях сильные электромагнитные помехи могут создавать паразитные сигналы, которые в конце концов повлияют на точность, и впоследствии измеренная величина будет измеряться неверно, либо иметь высокую погрешность.

Первичные и нормирующие преобразователи температуры входят в состав структуры каналов измерительной части. Интеллектуальный блок КИМ2 и контроллер входят в структуру информационно-управляющей части. В

структуру канала исполнительной части входит только исполнительный механизм. Выбран контактный метод измерения температуры перегретого пара посредством термоэлектрического преобразователя (ТЭП), так как данный метод является наиболее распространенным и дешевым.

Разработанная функциональная схема АСР температуры перегретого пара представлена на листе с шифром ФЮРА. 421000.009 С2.

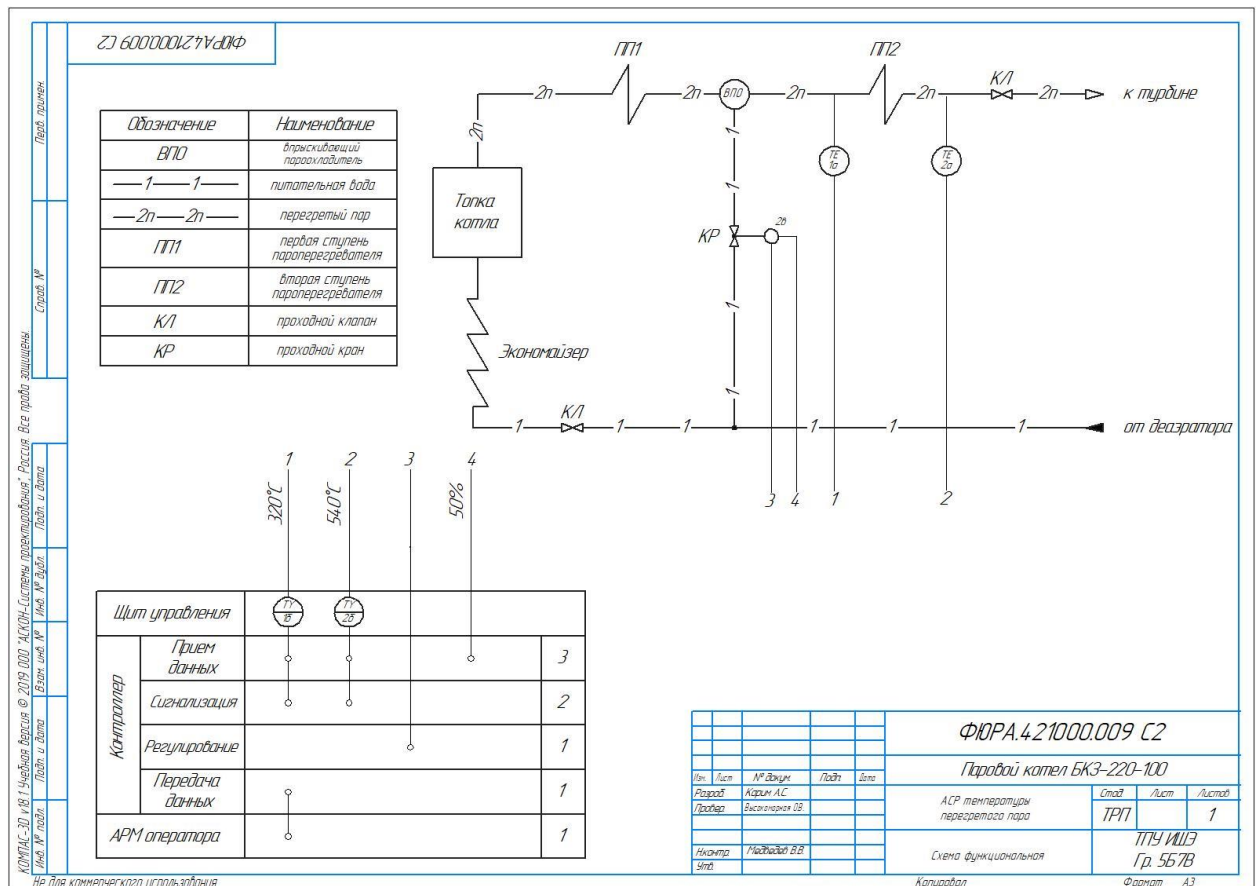


Рисунок 9 – Функциональная схема АСР температуры перегретого пара парового котла БКЗ-220-100

В верхней части изображена схема, на которой расположено обозначение участка трубопровода от парового котла до второго пакета пароперегревателя. Между первым и вторым пакетами пароперегревателя в рассечку установлено обозначение впрыскивающего парохлодителя. В верхней части также обозначены первичные преобразователи температуры и запорная арматура. В нижней части схемы размещена таблица щита автоматизации. Нормирующие преобразователи и контроллер расположены на щите управления. Функция «приема данных» осуществляет получение дискретных/аналоговых сигналов с

датчиков температуры и положения ИМ. Функция «сигнализации» позволяет управлять сигнальной аппаратурой после получения информации об измеряемых параметрах. В левой верхней части чертежа размещена таблица с расшифровкой обозначений, указанных на схеме.

Сигнал с термоэлектрических преобразователей 1а и 2а в виде термоЭДС поступает на нормирующие преобразователи 1б и 2б, затем поступает на контроллер. Последний формирует управляющее воздействие на вход интеллектуального блока исполнительного механизма 2в, который, в свою очередь, подает питание на электродвигатель и, таким образом, изменяется положение крана. Интеллектуальным блоком КИМ2 осуществляется передача информации о положении вала исполнительного механизма на контроллер.

Технологическое оборудование на функциональной схеме изображено в соответствии с ГОСТ 21.403 – 80, условные обозначения запорной арматуры изображены по ГОСТ 2.785 – 70, первичные и функциональные измерительные приборы – в соответствии с ГОСТ 21.208-2013.

### 3.1 Выбор технических средств автоматизации

В ходе проектирования АСР температуры перегретого пара отдавалось предпочтение оборудованию и средствам автоматизации, которые выпускаются серийно российскими предприятиями. Это упрощает закупку оборудования, обеспечивает наиболее полную поддержку со стороны производителя. Кроме того, предпочтение отдавалось унифицированным техническим средствам, так как подобное решение обеспечивает взаимозаменяемость, упрощает подключение друг с другом. Выбор оборудования осуществляется с учетом всех характеристик измеряемой среды и технологических особенностей измеряемого процесса.

При выборе оборудования прежде всего необходимо учитывать предельные значения измеряемых параметров, а также условия, в которых возможна эксплуатация выбираемого оборудования. Кроме того, важно учитывать характеристики выходных сигналов выбранных технических средств.



### 3.1.1 Выбор первичного преобразователя температуры

В автоматической системе регулирования температуры перегретого пара температура измеряется после впрыскивающего пароохладителя и второго пакета перегревателя. Для измерения температуры используются термоэлектрические преобразователи. Рассмотрим несколько возможных вариантов данного устройства и выберем наиболее оптимальный. Согласно [6] все устройства производятся в промышленном масштабе и их можно заказать по каталогу на сайте изготовителя. Характеристики некоторых первичных преобразователей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики термоэлектрических преобразователей

Сравнительные характеристики	ТПК-ХА-015...305	ТП-1085, -2488, -0188, -0198, -0199, -0295, -0395, -0195, -2187-Exd	ТПК-ХА - 011...041
Технические условия	ТУ 4211-006-17054649-2014	ТУ 5461-026-28890149-2016	ТУ 4211-005-18121253-96
Возможные НСХ	К(ХА)	ПП (S), ПП (R), ПР (B), ЖК (J), НН (N), ВР (A-1)	К(ХА)
Диапазон измеряемых температур	-40 °С ...+1200 °С	От -40 °С, до +750 °С, +850 °С, +1100 °С, +1250 °С.	От -40 °С до +800 °С, +1100 °С,
Класс допуска	2	1,2,3	2
Устойчивость к механическим воздействиям	Вибропрочные, группа исполнения №3	группа исполнений Д2 (-50 °С ...+100 °С)  климатическое исполнение по ГОСТ — УХЛ2	отсутствует
Количество рабочих спаев	1 или 2 шт., изолированных или неизолированных	1 или 2	1 или 2

Продолжение таблицы 3

Сравнительные характеристики	ТПК-ХА-015...305	ТП-1085, -2488, -0188, -0198, -0199, -0295, -0395, -0195, -2187-Exd	ТПК-ХА - 011...041
Межповерочный интервал	4 года	2 года	2 года
Защищенность от воздействия пыли и воды по ГОСТ 14254 (пылевлагозащита)	IP54	IP54, IP65 (для исполнений с соединительной головкой)  IP5X (для исполнений без соединительной головки)	IP00 (защита от проникновения пыли и влаги отсутствует)
Материал защитной арматуры	Сталь 12X18H10T (при T° max до 800 °С), Сталь 08X20H14C2 (при T° max до 950 °С)  Сталь 15X25T (при T° max до 1000°С)	сталь 12X18H10T; сталь AiSi 310; сплав Inconel тм600; сплав Alloy 740; Lухal 203; Lunit 73; сиалон; карбид кремния; чугун, покрытый пленкой из окиси циркония;	Бескорпусные, в мягкой изоляции
Стоимость	От 660 рублей	От 634 рублей	От 370 рублей

Датчик температуры выбираем по каталогу завода-изготовителя «Теплоприбор». В качестве первого варианта могут выступать первичные преобразователи температуры типа ТПК-ХА-015...305. Данные преобразователи предназначены для непрерывного измерения температуры в диапазоне от минус 40 до плюс 1200 °С. Класс допуска – 2. Термопары имеют высокий класс защищенности от пыли и влаги и хорошо устойчивы к механическим воздействиям. Рабочий спай термопары изолирован относительно корпуса датчика [6].

В качестве еще одного варианта могут выступать термопары класса ТП - 1085, -2488, -0188, -0198, -0199, -0295, -0395, -0195, -2187-Exd. Данные преобразователи позволяют производить измерения температуры в широких

диапазонах, а также используются для контроля агрессивных сред. Класс допуска – 2 [7].

Другой вариант – термопары типа ТПК-ХА-011...041. Устройство находится в мягкой изоляции, имеет широкий диапазон измерения температуры. Класс допуска – 2. Данный вариант является более дешевым (практически в два раза), однако по техническим характеристикам значительно уступает предыдущим вариантам [8]. Отсутствует пылевлагозащита и устойчивость к вибрациям.

Таким образом, оптимальным вариантом является термопары класса ТПК-ХА-015...305 от производителя «Теплоприбор». В соответствии с требованиями для нашей системы регулирования выберем две термопары 2ТПК045-0211.320 мм.

### 3.1.2 Выбор нормирующего преобразователя сигналов термопар

Нормирующие преобразователи предназначены для преобразования различных сигналов с первичных датчиков в унифицированные сигналы постоянного тока или напряжения.

Рассмотрим несколько возможных вариантов данного устройства, желательно от того же производителя, и выберем оптимальный. Согласно [9] все устройства производятся в промышленном масштабе и их можно заказать по каталогу на сайте изготовителя. Характеристики некоторых нормирующих преобразователей представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение характеристик нормирующих преобразователей

Сравнительные характеристики	НПСИ-ТП	НПТ-1К	НУ-02-В и НУ-01-DIN
Диапазон допустимых напряжений питания	10...36 В	10...36 В	10...36 В

Продолжение таблицы 4

Сравнительные характеристики	НПСИ-ТП	НПТ-1К	НУ-02-В и НУ-01-DIN
Выходной сигнал, постоянный ток	0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА	4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 мА	4...20 мА
Защищенность от пыли и грязи	IP20 – для модификаций, кроме М(0/К1/М)  IP65 – для модификаций М(0/К1/М) в корпусе К1	IP20	IP00 (защита от проникновения пыли и влаги отсутствует)
НСХ первичного термопреобразователя	Согласно заказу	ТХК (L), ТЖК (J), ТНН (N), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (R), ТПР (B), ТВР (A-1), ТВР (A-2), ТВР (A-3), ТМК (T)	Согласно заказу
Сопротивление нагрузки	0...500 Ом	0...1000 Ом	0...2000 Ом
Стоимость	От 4850 рублей	От 2004 рублей	От 1990 рублей

Нормирующий преобразователь НУ-01 от завода-изготовителя «Теплоприбор» имеет пределы допускаемого значения приведенной дополнительной погрешности, на каждые 10 °С 0,3 процента [10]. Стоимость устройства начинается от 1990 рублей.

Другим вариантом может выступать нормирующий преобразователь типа НПТ-1К от производителя «ОВЕН». Данный прибор обладает рядом преимуществ: не требует внешнего источника питания, возможна эксплуатация при температуре окружающей среды от минус 40 °С. Стоимость чуть дороже по сравнению с предыдущим вариантом (от 2004 рублей) [11].

Также стоит обратить внимание на нормирующий преобразователь от «Теплоприбор» НПСИ-ТП. Устройство предназначено для преобразования

первичных сигналов от датчиков температуры в токовые сигналы 0...5 мА, 0...20 мА или 4...20 мА. Также прибор проводит линейризацию НСХ термодатчиков, в нем существует отключаемая функция компенсации термоЭДС холодного спая, и он способен работать с термодатчиками с неизолированным рабочим спаем. Однако устройство является достаточно дорогостоящим (около 4850 рублей) по сравнению с вышерассмотренными вариантами нормирующих преобразователей и по функциональным особенностям не имеет выраженных преимуществ в сравнении со вторым [12].

Таким образом, выбираем преобразователь от компании «ОВЕН» типа НРТ-1К, так как он удовлетворяет требуемым условиям для нашей системы регулирования, является оптимальным по стоимости и в тоже время соответствует требуемым техническим характеристикам.

### 3.1.3 Выбор исполнительного механизма

Для осуществления управления регулирующим органом и передачи воздействия на объект управления применяют исполнительные механизмы (ИМ). В АСУ ТП чаще всего применяют электрические исполнительные механизмы, которые включают в себя электродвигатель, блок датчиков положения, редуктор и штурвал.

В зависимости от назначения в комплекте ИМ имеются реостатные (резистивные), индуктивные и токовые датчики положения [13]. Тип трубопроводной арматуры определяет тип ИМ. Исполнительные механизмы бывают однооборотными (МЭО), однооборотными фланцевыми (МЭОФ) и прямоходными постоянной скорости (МЭП). В качестве запорной арматуры предполагается использование шарового запорного крана. С его помощью можно изменять расход впрыскиваемой питательной воды. В соответствии с таблицей, приведенной в источнике [13], выберем однооборотный фланцевый исполнительный механизм МЭОФ со встроенным интеллектуальным блоком КИМ2. Механизм выбираем исходя из вида регулирующего органа, запорной

арматуры, а также по расчету электрических исполнительных механизмов на предприятиях [14].

Выбранный исполнительный механизм имеет встроенный интеллектуальный блок КИМ2, бесконтактный тиристорный пускатель, абсолютный бесконтактный цифровой датчик положения, электронный цифровой датчик момента, символьный дисплей LED, внутренний источник питания на 24 В, а также узел контроля тока и напряжения питающей сети. Благодаря панели местного управления, которая установлена непосредственно на электроприводе, можно осуществлять регулирование по месту (рисунок 11). Возможности дистанционного управления, состав и виды входных и выходных сигналов зависят от выбранной конфигурации и дополнительных опций. Для задания положения ИМ необходимо подавать выходные аналоговые сигналы с контроллера на КИМ2. Для этих целей применяют конфигурацию А (рисунок 10).



Рисунок 10 – Конфигурация А интеллектуального блока КИМ2



Рисунок 11 – Панель местного управления КИМ2: 1 – цифровой индикатор положения и момента, кодов неисправностей, параметров настройки; 2 – светодиодная индикация отображения направления движения, конечных положений, превышения момента, неисправности, необходимости замены батареи; 3 – переключатель режимов управления (селектор); 4 – кнопки управления и настройки; 5 – замок для механической блокировки

Таким образом, выбираем электроисполнительный однооборотный механизм с номинальным значением момента на выходном валу 1000 Н·м и номинальным значением времени полного хода 25 с. Устройство изготавливается на предприятии ОАО «ЗЭИМ» в городе Чебоксары в комплекте с интеллектуальным блоком КИМ2. Условное обозначение устройства – МЭОФ–1000/25–0,25Е2-2-08К [15].

### 3.1.4 Выбор контроллера

На сегодняшний день программируемые логические контроллеры (ПЛК) являются неотъемлемой частью систем автоматизации, так как их использование позволяет создать практически полностью автономную систему управления и при этом реализовывать сложные технические решения программным методом.

Различают следующие виды контроллеров: моноблочные, модульные, РС-совместимые контроллеры. Проведем сравнение ПЛК разных производителей. Характеристики некоторых контроллеров представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики программируемых логических контроллеров

Сравнительная характеристика	ioLogik E2212	ОВЕН ПЛК200-04-CS	ОВЕН ПЛК160 (M02)
Количество каналов DI	8 (+4 канала универсального дискретного ввода/вывода. Каналы конфигурируются либо на ввод, либо на вывод)	8 (+ 4 универсальных канала дискретного ввода/вывода (быстрые до 95 кГц))	16, 4 из них быстродействующие
Количество каналов DO	8 (+4 канала универсального дискретного ввода/вывода. Каналы конфигурируются либо на ввод, либо на вывод)	4, быстрые ключи до 60 кГц	12
Количество каналов AI	8	4, универсальные аналоговые ввода/вывода	8
Количество каналов АО	2	4, универсальные аналоговые ввода/вывода	4
Интерфейсы связи	Ethernet и RS-485	Ethernet и RS-485, USB Device	RS-485, RS-232, Debug Ethernet 100 Base-T, USB-Device
Полевые протоколы	Modbus TCP (Slave) Modbus RTU	Modbus RTU (Master / Slave); Modbus ASCII (Master / Slave); ОВЕН (Master)	Не поддерживаются
Напряжение питания	От 12 В до 36 В	от 10 до 48 В (номинальное 24 В)	от 9 до 30 В постоянного тока при T > -20 °С от 9 В до 26 В
Степень защиты корпуса	IEC-60068-2, EN-61000-3/4/6, FCC 15.	IP20 по ГОСТ 14254-96	IP20 – со стороны передней панели, IP00 – со стороны клемм по ГОСТ 14254-96
Количество портов	1× Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45)	2 × Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45)	1× Ethernet 10/100 Мбит/с (RJ45)
Срок службы	25 лет	8 лет	8 лет
Стоимость	От 32000 рублей	От 25000 рублей	От 33000 рублей

Для начала рассмотрим 20-канальный Ethernet-контроллер ioLogik E2212. Модель данного контроллера включает в себя 8 каналов дискретного ввода, 8 цифровых выходов и 4 универсальных канала, которые могут быть настроены



по желанию пользователя. Контроллер поддерживает технологии Active OPC Server, Click&Go. ioLogik E2212 имеет встроенные интерфейсы Ethernet и RS-485 и обеспечивает минимальное время задержки сигналов ввода-вывода (до 4 мс) [16].

Еще одним вариантом является логический контроллер от компании «ОВЕН» ПЛК200-04-CS. Это прибор из новой линейки моноблочных контроллеров для малых и средних систем автоматизации со встроенными дискретными и аналоговыми входами/выходами (DI/DO/AI/AO). Контроллеры универсальны благодаря широкому спектру коммуникационных протоколов. Программирование контроллера осуществляется в среде CODESYS.

В качестве модулей расширения входных и выходных сигналов используются модули ввода/вывода Mx210 с интерфейсом Ethernet. Встроенные в контроллер два порта Ethernet и наличие межсетевого экрана позволяют применять его в качестве шлюза между промышленной сетью и сетью предприятия. Технические решения в ПЛК200-04-CS гораздо более совершенны по сравнению с предыдущим вариантом [17].

Более дорогим вариантом от данного производителя является ПЛК160 (M02). Данный контроллер является моноблочным, имеет большое число входных и выходных сигналов связи. Контроллер не имеет поддержки полевых протоколов и уступает некоторым техническим решениям, которые реализованы в ПЛК200-04-CS [18].

Таким образом, исходя из сравнительного анализа, выбираем контроллер от компании «ОВЕН» ПЛК200-04-CS, так как он удовлетворяет требуемым условиям для нашей системы регулирования и является оптимальным по цене и требуемым техническим характеристикам.

### 3.2 Составление заказной спецификации

Заказная спецификация – это документ, в котором отражают всю необходимую информацию о приборах и средствах автоматизации, используемых в разрабатываемой системе регулирования или управления. В

соответствии с данным документом производится закупка необходимого оборудования.

Заказная спецификация на оборудование автоматической системы регулирования температуры перегретого пара котла БКЗ-220-100 представлена на листе формата А4 (ФЮРА.421000.009 С01).

#### 4 Разработка принципиальной электрической схемы

На принципиальных электрических схемах отражают полный состав приборов, аппаратов и устройств, которые используются в системе. Данные схемы являются основанием для разработки монтажной схемы, схемы внешних соединений и т.д.

На первом листе схемы условными обозначениями представлены элементы подсистем микроклимата и питания. На втором и третьем листе показаны элементы подсистем аналогового ввода и вывода соответственно. На четвертом и пятом листе представлена подсистема дискретного ввода/вывода. На шестом листе показаны элементы подсистемы управления исполнительным механизмом.

Для сокращенной записи сведений об элементах и устройствах схемы применяют документ [19]. Буквами и цифрами были присвоены обозначения элементов схемы. В соответствии с данными обозначениями был составлен перечень элементов, в котором более подробно описан каждый элемент системы. Контакты кнопок, реле, выключателей и других коммутирующих устройств показаны в «нормальном» состоянии, то есть при отсутствии электрического тока в цепи [19].

Электрическая схема АСР температуры перегретого пара парового котла приведена на листах с шифром ФЮРА.421000.009 ЭЗ. Перечень элементов электрической схемы представлен на листах с шифром ФЮРА.421000.009 ПЭЗ.

##### 4.1 Элементы и устройства подсистемы электрического питания

Подсистема электрического питания включает в себя автоматические выключатели, розетку, блоки зажимов, устройство защиты и модуль питания.

1 Автоматический выключатель ВА47-29 2Р 16А 4,5 кА С (QF1).

Автоматические выключатели ВА47-29 предназначены для автоматического размыкания цепи при протекании токов, выше номинального

значения катушки выключателя. [20]. Основные характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики автоматического выключателя ВА47-29 2P 16А 4,5 кА С

Наименование	Значение
Номинальный ток	16 А
Количество силовых полюсов	2
Характеристика эл. магнитного расцепителя	С
Номинальная отключающая способность	4,5 кА
Напряжение	380 В
Номинальное напряжение	400 В

### 2 Автоматический выключатель ВА-101 (QF2).

Автоматический выключатель 2P 16А С ВА-101 4,5 кА служит для защиты электрических цепей от короткого замыкания и перегрузок [21]. Основные характеристики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики автоматического выключателя ВА-101

Наименование	Значение
Номинальный ток, А	16
Количество полюсов, P	2
Номинальная частота сети переменного тока, Гц	50/60
Номинальная отключающая способность, кА	4,5
Номинальное рабочее напряжение, В	230
Класс токоограничения	3

### 3 Щитовая розетка (XS1).

Модульная розетка предназначена для подключения переносных светильников или электрического инструмента малой мощности во время профилактических и ремонтных работ в электрической сборке по месту установки [22]. Основные характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики щитовой розетки РМ-102

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

4 Клеммник наборный (ХТ0, ХТ01, ХТ02) [23].

5 Устройство защиты от перенапряжений 3-РТ 2-РЕ/S-230АС/ФМ (Z01).

Предназначено для защиты устройств от перенапряжений при протекании через сеть импульсов тока путем их безопасного замыкания на землю [24]. Основные характеристики приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики устройства защиты от перенапряжений 3-РТ 2-РЕ/S-230АС/ФМ

Наименование	Значение
Номинальный ток	26 А
Род тока	Переменный (АС)
Номинальное напряжение	230 В
Номинальная частота	50 Гц

6 Блок питания (G1, G2).

Блоки питания ОВЕН БП60А предназначены для питания стабилизированным напряжением 24 В приборов и первичных датчиков [25]. Основные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики блока питания

Наименование	Значение
Номинальное напряжение	24 В
Выдаваемая мощность	60 Вт
Номинальный ток	2,5 А

## 4.2 Элементы и устройства подсистемы микроклимата

Подсистема микроклимата включает в себя концевой выключатель, осветительную лампу, термореле, вентилятор.

### 1 Концевой выключатель для двери SZ (SQ1).

Предназначен для замыкания и размыкания рабочей цепи [26]. Основные характеристики представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики концевого выключателя SZ

Наименование	Значение
Напряжение	220 В
Ширина	31 мм
Высота	78 мм
Глубина	30 мм

### 2 Прибор осветительный 11 Вт (EL1).

Основные характеристики представлены в таблице 12 [27].

Таблица 12 – Технические характеристики осветительного прибора

Наименование	Значение
Напряжение	220 В
Мощность ламп	11 Вт
Длина	345 мм

### 3 Реле контроля температуры RT-820M (KK1).

Предназначено для контроля температуры в шкафу управления [28]. Основные характеристики приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики реле контроля температуры RT-820M

Наименование	Значение
Напряжение	220 В
Диапазон измерения температуры	От -20 до +30
Напряжение питания	230 В
Род тока	Переменный (АС)

#### 4 Релейный модуль (K01).

Релейный модуль - PLC-RPT- 24DC/21 состоит из базового клеммного модуля PLC-BPT.../21 с соединителем Push-in. Установка модуля осуществляется на монтажную шину NS 35/7,5 [29]. Технические данные приведены в таблице 14. На рисунке 12 представлена электрическая схема подключения релейного модуля PLC-RPT-24DC/21.

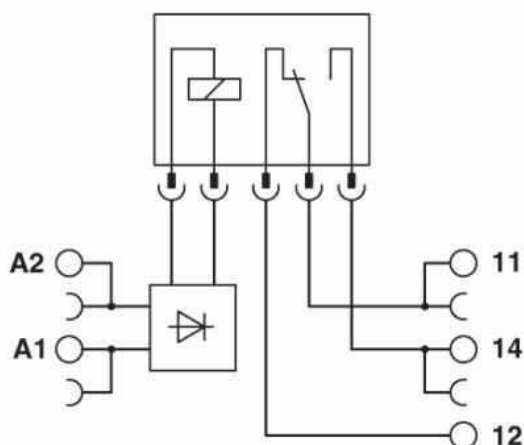


Рисунок 12 – Электрическая схема релейного модуля PLC-RPT-24DC/21

Таблица 14 – Технические данные релейного модуля PLC-RPT-24DC/21

Наименование	Значение
Входное номинальное напряжение	24 В DC
Время срабатывания, типовое	5 мс
Время возврата, типовое	8 мс
Исполнение контакта	1 переключающий контакт
Тип коммутационного контакта	Одинарный контакт
Материал контакта	AgSnO
Минимальный коммутационный ток	10 мА (при 12 В)

#### 5 Фильтрующий вентилятор Ritall 7035 3239.100 (M1).

Фильтрующий вентилятор в сочетании с соответствующим выходным фильтром (фильтрами) служит для отвода выделяемого оборудованием тепла из шкафа, а также для вентиляции шкафа и защиты чувствительных компонентов. Это происходит благодаря прямому подводу окружающего воздуха, чья температура должна быть ниже допустимой температуры внутри шкафа.

Система монтируется в подготовленные вырезы [30]. Основные характеристики приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики фильтрующего вентилятора Rittal

Наименование	Значение
Мощность	120 м <sup>3</sup> /ч
Номинальное рабочее напряжение	230 В
Частота	50/60 Гц
Номинальная мощность	18 Вт
Номинальный ток	0,12 А

#### 4.3 Элементы и устройства подсистемы ввода аналоговых сигналов

Подсистема ввода аналоговых сигналов включает в себя следующие элементы: модуль ввода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера ПЛК200-04-CS, клеммную колодку, Ethernet-коммутатор, кабель УТР, нормирующие преобразователи и блоки зажимов.

1 Модуль ввода аналоговых сигналов MB210-101 (A1).

Модули MB210-101 от производителя «Овен» предназначены для преобразования аналоговых сигналов в унифицированные токовые сигналы и последующей передачи их в сеть Ethernet [31]. Характеристики модуля представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Характеристики модуля ввода аналоговых сигналов MB210-101

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	24 В
Степень защиты корпуса	IP20
Тип питания	батарея CR2032
Число аналоговых входов	8
Время работы часов реального времени на одной батарее	6 лет

Назначение контактов клеммника представлено в таблице 17. На рисунке 13 показан внешний вид модуля со стороны клеммника.



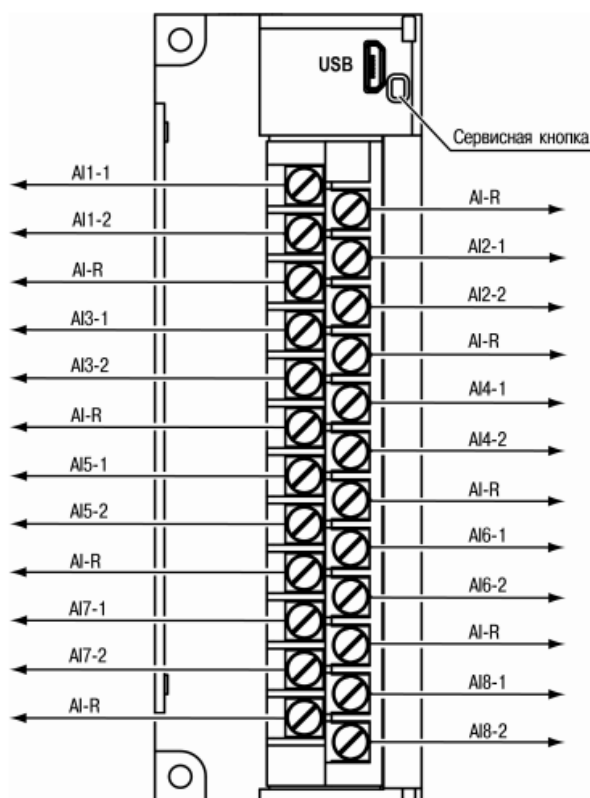


Рисунок 13 – Внешний вид модуля со стороны клеммника

Таблица 17 – Назначение клемм модуля MB210-101

Условное обозначение клеммы	Назначение
AI1-1, AI1-2 – AI8-1, AI8-2	Для ввода аналоговых входов AI1 – AI8
AI-R	Для общих точек аналоговых входов

Разъемы интерфейсов и питания модуля приведены на рисунке 14.

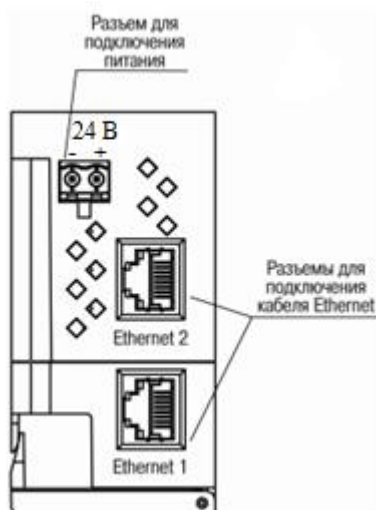


Рисунок 14 – Разъемы модуля

2 Кабель UTP RJ45-RJ45 (X1).

Предназначен для последовательного подключения модулей MB210-101 и ПЛК между собой по Ethernet. Длина: 0,15 м, поставляется в комплекте с модулем [31].

3 Клеммная колодка КК24-1 (XP2).

Съемная клеммная колодка с невыпадающими винтами (1×24) [31].

4 Пяти портовый сетевой неуправляемый коммутатор КСН210-5 (SW) [31].

5 Клемма питания 2EGTK-5-02P-14 [31] (XP1).

6 Блоки зажимов для соединения кабелей (XT1, XT2) [32].

7 Нормирующий преобразователь НПТ-1К (UY1...UY3).

Серия универсальных преобразователей сигналов НПТ-1К от компании «Овен» выпускается в конструктивных исполнениях с креплением на DIN-рейку и в головки датчиков европейского и российского типов в общепромышленном и искрозащищенном исполнениях [33].

8 Преобразователь аналоговых сигналов SIRIUS 3RS17 (UY4, UY5).

Аналоговый преобразователь 3RS1722-2ET001 – это пассивный разъединитель. Для пассивных согласующих преобразователей не требуется внешнее напряжение. Преобразователи используются для разделения и преобразования аналоговых сигналов. Датчики и исполнительные устройства, как правило, имеют различные источники питания и, тем самым, требуют разделения сигнальных цепей, которое либо встраивается в систему управления, либо реализуется с помощью преобразователей [34]. Технические данные приведены в таблице 18. Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 15.

Таблица 18 – Технические данные преобразователя аналоговых сигналов SIRIUS 3RS17

Наименование	Значение
Исполнение основного типа	Пассивно
Количество каналов	2

Продолжение таблицы 18

Наименование	Значение
Исполнение электрического подключения	Пружинный зажим
Исполнение разделения потенциала	Двухходовой
Вид сигнала на входе	0/4...20 мА
Вид сигнала на выходе	0/4...20 мА

**3RS17 22-ET00**

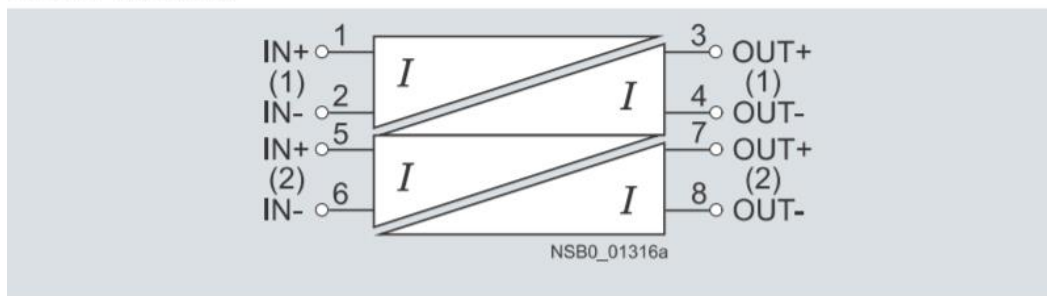


Рисунок 15 – Принципиальная электрическая схема преобразователя аналоговых сигналов SIRIUS 3RS17

#### 4.4 Элементы и устройства подсистемы вывода аналоговых сигналов

Подсистема вывода аналоговых сигналов включает в себя следующие элементы: модуль вывода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера ПЛК200-04-CS, клеммную колодку, Ethernet-коммутатор, кабель УТР, преобразователи аналоговых сигналов и блоки зажимов.

1 Модуль вывода аналоговых сигналов МУ210-501 (А2).

Модули МУ210-501 предназначены для преобразования цифровых сигналов в аналоговые для осуществления управления исполнительными механизмами [35]. Технические характеристики представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Характеристики модуля вывода аналоговых сигналов МУ210-501

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	24 В
Степень защиты корпуса	IP20

Продолжение таблицы 19

Наименование	Значение
Тип питания	батарея CR2032
Число аналоговых выходов	8
Время работы часов реального времени на одной батарее	6 лет

Назначение контактов клеммника представлено в таблице 20. На рисунке 16 показан внешний вид модуля со стороны клеммника. Разъемы интерфейсов и питания модуля аналогичны модулю аналогового ввода.

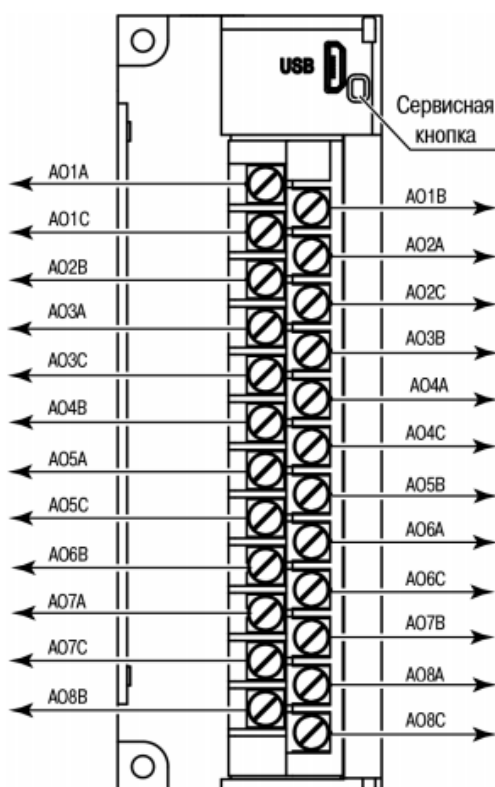


Рисунок 16 – Внешний вид модуля со стороны клеммника

Таблица 20 – Назначение клемм модуля МУ210-501

Условное обозначение клеммы	Назначение
АОхА	Для ввода напряжения питания (+) аналоговых выходов
АОхВ	Для ввода выходов АО1...АО8
АОхС	Для общих контактов питания (-) выходов (длина линии питания аналоговых выходов не более 30 м)

2 Кабель UTP RJ45-RJ45 (X2) [35].

3 Клеммная колодка КК24-1 (XP4) [35].

4 5-ти портовый сетевой неуправляемый коммутатор КСН210-5 (SW) [35].

5 Клемма питания 2EGTK-5-02P-14 (XP3) [35].

6 Блок зажимов для соединения кабелей (XT3) [32].

7 Преобразователь аналоговых сигналов SIRIUS 3RS17 (UY5).

Аналоговый преобразователь 3RS1722-2ET001 – это пассивный разъединитель [34]. Технические данные приведены в таблице 17. Принципиальная электрическая схема представлена на рисунке 15.

#### 4.5 Элементы и устройства подсистемы ввода дискретных сигналов

Для определения объема оснащения разрабатываемой подсистемы необходимо составить таблицу (таблица 21) дискретных входных и выходных сигналов щита управления [36].

Таблица 21 – Перечень дискретных входов и выходов

	Дискретные входы	Дискретные выходы
Для МЭО(Ф)-1000	«Открыто»	«ЗАКРЫТЬ»
	«Закрето»	«ОТКРЫТЬ»
	«Готовность»	«Активировать дискретное управление (АктДУ)»
	«Неисправность»	
	«Ручное управление»	«СТОП»
	Резерв	Резерв

Подсистема ввода дискретных сигналов включает в себя следующие элементы: модуль ввода дискретных сигналов программируемого логического контроллера ПЛК200-04-CS, клеммную колодку, Ethernet-коммутатор, кабель UTP и блоки зажимов.

1 Модуль ввода дискретных сигналов MB210-202 (A3).

Модули MB210-202 предназначены для сбора данных со встроенных дискретных входов и передачи их в сеть Ethernet. [37]. Характеристики модуля представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Характеристики модуля ввода аналоговых сигналов MB210-202

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	24 В
Степень защиты корпуса	IP20
Тип питания	батарея CR2032
Число дискретных входов	8

Назначение контактов клеммника представлено в таблице 23. На рисунке 17 показан внешний вид модуля со стороны клеммника. Разъемы для интерфейса и питания аналогичны разъемам аналоговых модулей контроллера.

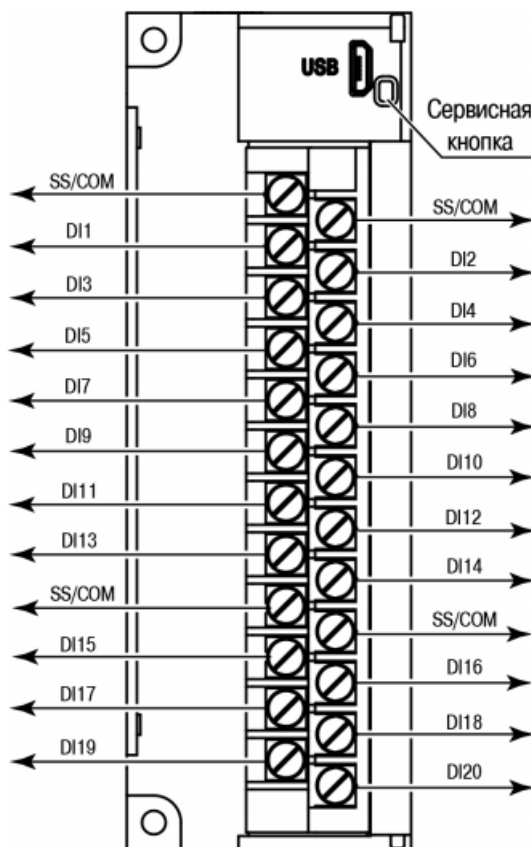


Рисунок 17 – Внешний вид модуля со стороны клеммника

Таблица 23 – Назначение клемм модуля MB210-202

Условное обозначение клеммы	Назначение
DI1-DI20	Для дискретных входов DI1-DI20
COM (для MB210-204)	Для общих точек питания входов
SS (для MB210-202)	

2 Кабель UTP RJ45-RJ45 (X3) [37].

3 Клеммная колодка KK24-1 (XP6) [37].

4 5-ти портовый сетевой неуправляемый коммутатор KCH210-5 (SW) [37].

5 Клемма питания 2EGTK-5-02P-14 (XP5) [37].

6 Блок зажимов для соединения кабелей (XT4) [32].

7 Релейный модуль - PLC-RPT- 24DC/21 (K1...K5) [29].

#### 4.6 Элементы и устройства подсистемы вывода дискретных сигналов

Подсистема вывода дискретных сигналов включает в себя следующие элементы: модуль вывода дискретных сигналов программируемого логического контроллера ПЛК200-04-CS, клеммную колодку, Ethernet-коммутатор, кабель UTP, преобразователи аналоговых сигналов и блоки зажимов.

1 Модуль вывода дискретных сигналов MU210-401 (A4).

Модули предназначены для управления исполнительными механизмами, поддерживающими дискретное управление [38]. Технические характеристики представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Характеристики модуля вывода аналоговых сигналов MU210-401

Наименование	Значение
Номинальное напряжение питания	24 В
Степень защиты корпуса	IP20
Тип питания	батарея CR2032
Число дискретных выходов	8

Назначение контактов клеммника представлено в таблице 25. На рисунке 18 показан внешний вид модуля со стороны клеммника. Разъемы для интерфейса и питания аналогичны разъемам аналоговых модулей контроллера.

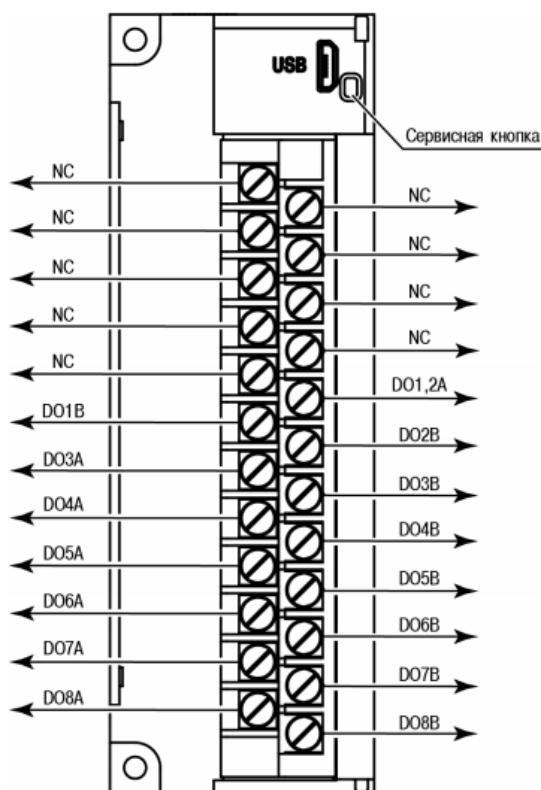


Рисунок 18 – Внешний вид модуля со стороны клеммника

Таблица 25 – Назначение клемм модуля МУ210-501

Условное обозначение клеммы	Назначение
DO1A, DO1B - DO8A, DO8B	Для выходов DO1-DO8
NC (Not connected)	Не подключаются

2 Кабель UTP RJ45-RJ45 (X4) [38].

3 Клеммная колодка КК24-1 (XP8) [38].

4 5-ти портовый сетевой неуправляемый коммутатор КСН210-5 (SW) [38].

5 Клемма питания 2EGTK-5-02P-14 (XP7) [38].

6 Клеммы для установки предохранителей - УТ 4-HESILED 24 (5X20) 820КОНМ (XT5.1-XT5.2) [39].

7 Релейный модуль - PLC-RPT- 24DC/21 (К6...К11) [29].



8 Вставной плавкий предохранитель FUSE/TE5/2A/F-5PCS (FU1...FU5) [40].

#### 4.7 Элементы и устройства подсистемы управления исполнительным механизмом

Подсистема управления исполнительным механизмом включает в себя следующие элементы: программируемый логический контроллер производителя ОВЕН ПЛК200-04-CS, модуль дискретного ввода MB210-202, модуль дискретного вывода МУ210-401, релейные модули, сигнальные лампы, кнопки и блоки зажимов для соединения кабелей.

1 Модуль ввода дискретных сигналов MB210-202 (А3) [38].

2 Модуль вывода дискретных сигналов МУ210-401 (А4) [40].

3 Релейный модуль (К1...К5, К6...К11) [29].

Релейный модуль PLC-RPT-24DC/21 предназначен для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов. Технические данные приведены в таблице 14.

4 Релейный модуль RIF-2-RSC-LDP-24DC/2X21 (К12, К13, К20, К21).

Смонтированный релейный модуль с винтовым зажимом. Предназначен для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов [41]. Технические данные приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Технические данные релейного модуля RIF-2-RSC-LDP-24DC/2X21

Наименование	Значение
Входное номинальное напряжение	24 В DC
Время срабатывания, типовое	13 мс
Время возврата, типовое	14 мс
Исполнение контакта	2 переключающих контакта

5 Сигнальные лампы (HL1... HL3).

Лампы сигнальные АВВ CL2-502У 24 В АС/DC красного, желтого и зеленого цвета предназначены для индикации состояния электрических цепей и коммутационных аппаратов [42-44]. Технические данные представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Технические данные сигнальных ламп ADDS LED 24 В АС/DC

Наименование	Значение		
	Красная	Зеленая	Желтая
Напряжение	24 В	24 В	24 В
Род тока	АС/DC	АС/DC	АС/DC
Тип подключения	винтовое	винтовое	винтовое
Диаметр отверстия	22 мм	22 мм	22 мм

6 Кнопки (SB1... SB4).

Кнопки ХВ4-ВW33В5 (зеленая), ХВ4-ВW34В5 (красная) и ХВ4-ВW35В5 (желтая) предназначены для управления оборудованием. Устанавливается в стандартные отверстия 22 мм и подключается к цепям управления через винтовые зажимы [45-47]. Технические данные приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Технические данные кнопок ХВ4-ВW33В5 и ХВ4-ВW34В5

Наименование	Значение		
	Красная	Зеленая	Желтая
Напряжение	24 В	24 В	24 В
Род тока	АС/DC	АС/DC	АС/DC
Тип подключения	винтовое	винтовое	винтовое
Диаметр отверстия	22 мм	22 мм	22 мм
Исполнение	без фиксации	без фиксации	без фиксации
Количество НО контактов	1	1	1
Количество НЗ контактов	1	1	1

7 Переключатель ПЕ22-АС-3 (SA1).

Переключатели необходимы для соединения и размыкания при переключении веток электрических цепей. Применяются в электрических цепях переменного тока частотой 50/60 Гц с напряжением до 660 В [48]. Технические данные представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Технические данные переключателя ПЕ22-АС-3

Наименование	Значение
Количество позиций переключения	3
Напряжение питания	220 В
Количество нормально замкнутых (НЗ) контактов	1
Количество нормально разомкнутых (НО) контактов	1
Без самовозврата (с фиксацией)	Да

8 Блоки зажимов для соединения кабелей (ХТ4-1, ХТ5-1) [49,50].

## 5 Разработка монтажной схемы

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ. Эту документацию также используют в процессе эксплуатации, наладки, ремонта и при выполнении профилактических работ. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов, пультов, внешних электрических и трубных проводок [51].

Монтажные схемы показывают, каким образом соединены между собой клеммы или выводы технических средств, расположенных на конструкции и за пределами конструкций.

В ВКР необходимо разработать монтажную схему автоматической системы регулирования температуры перегретого пара. Для этого нужно ознакомиться с руководствами по эксплуатации со схемами подключения технических средств [13-15] и выполнить следующие этапы:

- 1) нанести на монтажную схему технические средства автоматизации в соответствии с принятыми обозначениями;
- 2) выбрать проводки для соединения технических средств;
- 3) произвести нумерацию проводников;
- 4) выполнить подключение средств измерения и управления в шкаф автоматизации.

Таблица, размещенная в верхнем левом поле чертежа, поясняет расположение датчиков в системе. Щит автоматизации изображается условно в виде прямоугольника, в котором указаны блоки зажимов и подключенные к ним кабели. Монтажная схема проектируемой системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.009 Э4.

Для линий питания 380 В и 220 В и кабелей ввода/вывода дискретных сигналов используем кабели КРНБ с медной жилой, изоляцией из резины и оболочкой из того же материала [52].

Для передачи сигналов с термопар используем термопарный компенсационный кабель СФКЭ ХА с сечением жил  $0,5 \text{ мм}^2$  [53]. Кабели протягиваются при помощи протяжной коробки ПК200x90 [54]. Для

подключения обычные медные провода использовать нельзя, так как в паре с проводами термопары создаётся дополнительная термоЭДС, которая вносит дополнительную погрешность.

Для кабелей ввода/вывода аналоговых сигналов выбираем кабели КРВГЭ. Класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012: О1.8.2.5.4. Кабели имеют защитное экранированное покрытие от электромагнитных импульсов [55]. Выбранные кабели, а также их технические характеристики представлены в таблице 30.

Таблица 30 – Характеристики проводов и кабелей электропроводки АСР

Номер линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм <sup>2</sup>
1,2,3	СФКЭ ХА	2	0,5
5,6	КРНБ	7	1,5
4,9	КРНБ	4	1,5
7,8	КРВГЭ	4	1,5

Для защиты кабелей, которые необходимо протянуть на большие расстояния, применяем защитные трубы. В качестве защиты кабелей выбираем стальные электросварные тонкостенные трубы по ГОСТ 10704-91 [56].

В щит автоматизации установлен клеммный блок ХТ1, в который входят кабели, передающие аналоговый сигнал от термопар при помощи кабелей СФКЭ ХА 2×0,5, далее собираются в протяжную коробку ПК200×90 и затем подходят к щиту управления. Также в щите расположен клеммный блок ХТ0, необходимый для подачи питания в 220 В. Подключение осуществляется при помощи кабеля КРНБ 4×1,5. Блоки ХТ2, ХТ3, ХТ4 и ХТ5 в щите служат для подключения исполнительного механизма ИМ МЭОФ-1000/25-0,25Е2-2-08К со встроенным интеллектуальным блоком КИМ2. Подключение дискретных сигналов осуществляется при помощи двух одинаковых кабелей КРНБ 7×1,5, которые поступают на клеммные блоки ХТ4 и ХТ5, установленные в щите управления. Аналоговые сигналы подключаются при помощи экранированных проводов КРВГЭ 4×1,5 к блокам ХТ2 и ХТ3. По кабелю КРНБ 4×1,5 подается питание на исполнительный механизм.

## 6 Разработка общего вида щита управления

В щите автоматизации установлены средства контроля и управления технологическими процессами, сигнальная аппаратура и вспомогательное оборудование. Обычно щиты устанавливаются в специальных производственных помещениях, например, в диспетчерских помещениях, в операторских кабинах [4].

Главной целью разработки общего вида щита управления является составление чертежа, на котором условными обозначениями отражено оснащение щита автоматизации, а также показана информация, необходимая для монтажа данного щита.

Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.009 ВО. Перечень составных частей щита представлен на отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.009 ПВО.

Внутри шкафных щитов на монтажных панелях размещаются неоперативная аппаратура, системы контроля и регулирования, а также вспомогательная аппаратура: реле, трансформаторы, импульсные прерыватели, сборки зажимов, предохранители, автоматические выключатели и др.

В верхней части щита в виде условных обозначений расположены осветительный прибор EL1 и концевой выключатель SQ1. В первом ряду расположен контроллер АС ПЛК200-04-CS, коммутатор SW КСН210-05 и модули дискретного и аналогового ввода/вывода А1...А4. Во втором ряду изображены реле К01 и К1...К10, термореле КК1, нормирующие преобразователи UY1...UY3 НПТ-1К и пассивные разделительные преобразователи UY4, UY5 3RS1722-2ET00. В третьем ряду располагаются автоматические выключатели QF1 и QF2, устройство защиты от перенапряжений Z01, блоки питания G1, G2 и щитовая розетка XS1. В нижней части щита расположены клеммные колодки ХТ0, ХТ01, ХТ02, ХТ1, ХТ2, ХТ3, ХТ4 и ХТ5.

На лицевой стороне находятся сигнальные лампы HL1...HL3. Над каждой лампой подписано назначение индикации. Ниже расположены переключатель SA1 и кнопки SB1...SB4. В нижней части

внутренней поверхности шкафа располагается шина заземления ХТ0-1. На лицевой стороне шкафа в нижней части изображен фильтрующий вентилятор М1.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, в операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования компактный распределительный шкаф от компании Rittal АЕ 1180.500 [57]. В таблице 31 представлены технические характеристики данного типа шкафа.

Таблица 31 – Описание шкафа АЕ 1180.500

Материал	Корпус: листовая сталь Дверь: Листовая сталь, литое уплотнение из полиуретана по периметру
Поверхность	Корпус и крышка: грунтовка, снаружи порошковое покрытие, структурное Монтажная панель: оцинкованная
Степень защиты IP	IP 66
Комплект поставки	Корпус с дверью (дверями) на шарнирах, полностью закрытый Фланш-панель(и) в основании корпуса Монтажная панель Замок: двойная бородка 3 мм
Размеры	Ширина: 800 мм Высота: 1000 мм Глубина: 300 мм
Вес	57 кг
Количество дверей	1

Оборудование размещено на монтажных шинах с перфорацией NS 35/7,5 производителя Phoenix Contact [58]. Для прокладки сигнальных проводов используются перфорированные короба 40x40 производителя Efafel [59]. Шкаф устанавливается на стену. Крепление осуществляется при помощи настенных креплений [60] из нержавеющей стали.

## 7 Разработка прикладного программного обеспечения среднего уровня

### 7.1 Описание кода программы

Создадим проект в программе Codesys, в которой будет имитироваться работа программируемого логического контроллера. CoDeSys (англ. Controller Development System) — инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. Программа распространяется бесплатно и может быть без ограничений установлена на нескольких рабочих местах.

В верхнем окне PLC\_PRG записываются переменные, которые будут использоваться в коде программы. В CoDeSys реализованы все стандартные типы данных МЭК 61131-3 (международный стандарт, описывающий языки программирования для ПЛК). В работе используются переменные типа REAL и BOOL (рисунок 19). В этом же окне указываются начальные значения переменных, которые устанавливаются при старте программы.

```
1 PROGRAM PLC_PRG
2 VAR
3     T1:REAL:=320;           //Значение температуры до второго пароперегревателя (оптимальное)
4     T2:REAL:=545;           //Значение температуры после второго пароперегревателя (оптимальное)
5     KLPON:BOOL:=FALSE;     //Положение крана открыт/закрыт
6     IM:REAL:=0;            //Процент открытия крана
7     IND1:BOOL:=FALSE;      //Включение/выключение индикатора, свид. о закрытом/открытом положении крана
8     OTKR:BOOL:=FALSE;      //Открытие крана на опред. %
9     ZAKR:BOOL:=FALSE;      //Закрытие крана на опред. %
10    OTKRPOL:BOOL:=FALSE;    //Открытие крана на 100%
11    ZAKRPOL:BOOL:=FALSE;    //Закрытие крана на 100%
12    PREV1:BOOL:=FALSE;     //Включение/выключение индикатора, свид. о превышении T1
13    PREV2:BOOL:=FALSE;     //Включение/выключение индикатора, свид. о превышении T2
14    SNIZ1:BOOL:=FALSE;     //Включение/выключение индикатора, свид. о снижении T1
15    SNIZ2:BOOL:=FALSE;     //Включение/выключение индикатора, свид. о снижении T2
16    AV:BOOL:=FALSE;        //Включение/выключение индикатора, свид. о аварийной ситуации
17                            // (крит. снижение/повышение температур T1 или T2)
18    RUCH:BOOL:=FALSE;      //Вкл./Выкл. ручного управления
19    AUTO:BOOL:=FALSE;      //Вкл./Выкл. автоматического управления
20    T3: REAL;               //Разность температур T2 и T1
21    ZDT2: REAL:=540;        //Задание температуры (в качестве начальной - оптимальное значение)
22    OSTA: BOOL:=FALSE;     //Кнопка Аварийной остановки котла
23 END VAR
```

Рисунок 19 – Перечень переменных

На рисунке 20 представлен код программы, с прописанными комментариями.



```

1  T1:=T1+0.01; // Повышение температуры T1 (пар, поступающий из котла)
2  T2:=T2+0.01; // Повышение температуры T2 (пар, поступающий из котла)
3  T3:=T2-T1; // Разность температур T2 и T1
4  IF RUCH=TRUE THEN // РУЧНОЙ РЕЖИМ
5  IF ZAKR=TRUE THEN // При нажатии кнопки ЗАКРЫТЬ,%
6  IM:=IM-0.1; // кран начинает закрываться (уменьшение значения % открытия)
7  END_IF
8  IF IM<=0 THEN // При положении крана равном 0
9  KLPON:=FALSE; // Кран закрыт
10 END_IF
11 IF ZAKR=TRUE AND IM<=0 THEN // Фиксирование значения 0
12 IM:=0;
13 END_IF
14 IF OTKR=TRUE AND IM>=100 THEN // Фиксирование значения 100
15 IM:=100;
16 END_IF
17 IF IM>=0.1 THEN // при малейшем открытии крана
18 KLPON:=TRUE; // Кран открыт
19 END_IF
20 IF OTKR=TRUE THEN // Если нажата кнопка ОТКРЫТЬ,% то
21 IM:=IM+0.1; // Увеличивается % открытия крана
22 KLPON:=TRUE; // Кран открыт
23 END_IF
24 IF OTKR=TRUE OR IM>=0 THEN // Температура падает быстрее, чем больше % открытия крана
25 T1:=T1-(IM*0.001); // (увеличивается расход впрыск. воды)
26 T2:=T2-(IM*0.001);
27 END_IF

28 IF T1>340 THEN // При превышении температуры T1 в 340 градусов
29 PREV1:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T1"
30 END_IF
31 IF T1<300 THEN // При снижении температуры T1 в 300 градусов
32 SNIZ1:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T1"
33 END_IF
34 IF T2>560 THEN // При превышении температуры T2 в 560 градусов
35 PREV2:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T2"
36 END_IF
37 IF T2<520 THEN // При снижении температуры T2 в 520 градусов
38 SNIZ2:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T2"
39 END_IF
40 IF T1<340 AND T1>320 THEN // Если температура T1 меньше 340 и больше 320
41 PREV1:=FALSE; // Индикатор "Превышение T1" выключен
42 END_IF
43 IF T1>300 THEN // Если температура T1 больше 300 градусов
44 SNIZ1:=FALSE; // Индикатор "Снижение T1" выключен
45 END_IF
46 IF T2<560 AND T2>540 THEN // Если температура T2 меньше 560 и больше 540
47 PREV2:=FALSE; // Индикатор "Превышение T2" выключен
48 END_IF
49 IF T2>520 THEN // Если температура T2 больше 520 градусов
50 SNIZ2:=FALSE; // Индикатор "Снижение T2" выключен
51 END_IF
52 IF T1<440 OR T1>200 THEN // Если температура T1 меньше 440 или больше 200
53 AV:=FALSE; // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
54 END_IF

```

```

55 IF T2<660 OR T2>420 THEN // Если температура T2 меньше 660 или больше 420
56     AV:=FALSE; // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
57 END_IF
58 IF T1>440 OR T1<200 THEN // Если температура T1 больше 440 или меньше 200
59     AV:=TRUE; // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
60 END_IF
61 IF T2>660 OR T2<420 THEN // Если температура T2 больше 660 или меньше 420
62     AV:=TRUE; // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
63 END_IF
64 AUTO:=FALSE; // Автоматический режим отключен
65 END_IF // Конец ручного режима
66 IF AUTO=TRUE THEN // АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ
67     IF IM<=0 THEN // при % крана равном 0
68         KLPON:=FALSE; // Кран закрыт
69     END_IF
70     IF IM>=0.1 THEN // при малейшем открытии крана
71         KLPON:=TRUE; // Кран открыт
72     END_IF
73     IF IM<=0 THEN // фиксирование положения 0
74         IM:=0;
75     END_IF
76     IF IM>=100 THEN // фиксирование положения 100
77         IM:=100;
78     END_IF
79     IF IM>=0 THEN // Температура падает быстрее, чем больше % открытия крана
80         T1:=T1-(IM*0.001); // (увеличивается расход впрыск. воды)
81         T2:=T2-(IM*0.001);

82 END_IF
83 IF T1>340 THEN // При превышении температуры T1 в 340 градусов
84     PREV1:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T1"
85 END_IF
86 IF T1<300 THEN // При снижении температуры T1 в 300 градусов
87     SNIZ1:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T1"
88 END_IF
89 IF T2>560 THEN // При превышении температуры T2 в 560 градусов
90     PREV2:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T2"
91 END_IF
92 IF T2<520 THEN // При снижении температуры T2 в 520 градусов
93     SNIZ2:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T2"
94 END_IF
95 IF T1<340 AND T1>320 THEN // Если температура T1 меньше 340 и больше 320
96     PREV1:=FALSE; // Индикатор "Превышение T1" выключен
97 END_IF
98 IF T1>300 THEN // Если температура T1 больше 300 градусов
99     SNIZ1:=FALSE; // Индикатор "Снижение T1" выключен
100 END_IF
101 IF T2<560 AND T2>540 THEN // Если температура T2 меньше 560 и больше 540
102     PREV2:=FALSE; // Индикатор "Превышение T2" выключен
103 END_IF
104 IF T2>520 THEN // Если температура T2 больше 520 градусов
105     SNIZ2:=FALSE; // Индикатор "Снижение T2" выключен
106 END_IF
107 IF T3>230 THEN // Если разница температур больше 230
108     T1:=T2-T3; // Происходит снижение температур T1 и T2

```

```

109 END_IF // T2 снижается быстрее, чем T1)
110 IF T1<440 OR T1>200 THEN // Если температура T1 меньше 440 или больше 200
111     AV:=FALSE; // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
112 END_IF
113 IF T2<660 OR T2>420 THEN // Если температура T2 меньше 660 или больше 420
114     AV:=FALSE; // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
115 END_IF
116 IF T1>440 OR T1<200 THEN // Если температура T1 больше 440 или меньше 200
117     AV:=TRUE; // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
118 END_IF
119 IF T2>660 OR T2<420 THEN // Если температура T2 больше 660 или меньше 420
120     AV:=TRUE; // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
121 END_IF
122 IF T2>ZDT2 THEN // Если температура T2 больше заданного
123     IM:=IM+0.1; // В таком случае открывается ИМ
124 END_IF
125 IF T2<ZDT2 THEN // Если температура T2 меньше заданного
126     IM:=IM-0.1; // В таком случае закрывается ИМ
127 END_IF
128 RUCH:=FALSE; // Ручной режим отключен
129 END_IF // Конец автоматического режима
130 IF AUTO=FALSE AND RUCH=FALSE THEN // Если кнопки ручного и автоматического режима выключены
131     IF IM>=0 THEN // и при этом кран открыт
132         T1:=T1-(IM*0.001); // происходит снижение температур T1 и T2
133         T2:=T2-(IM*0.001);
134     END_IF
135     IF T1>340 THEN // При превышении температуры T1 в 340 градусов

```

```

136         PREV1:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T1"
137     END_IF
138     IF T1<300 THEN // При снижении температуры T1 в 300 градусов
139         SNIZ1:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T1"
140     END_IF
141     IF T2>560 THEN // При превышении температуры T2 в 560 градусов
142         PREV2:=TRUE; // Загорается индикатор "Превышение T2"
143     END_IF
144     IF T2<520 THEN // При снижении температуры T2 в 520 градусов
145         SNIZ2:=TRUE; // Загорается индикатор "Снижение T2"
146     END_IF
147     IF T1<340 AND T1>320 THEN // Если температура T1 меньше 340 и больше 320
148         PREV1:=FALSE; // Индикатор "Превышение T1" выключен
149     END_IF
150     IF T1>300 THEN // Если температура T1 больше 300 градусов
151         SNIZ1:=FALSE; // Индикатор "Снижение T1" выключен
152     END_IF
153     IF T2<560 AND T2>540 THEN // Если температура T2 меньше 560 и больше 540
154         PREV2:=FALSE; // Индикатор "Превышение T2" выключен
155     END_IF
156     IF T2>520 THEN // Если температура T2 больше 520 градусов
157         SNIZ2:=FALSE; // Индикатор "Снижение T2" выключен
158     END_IF
159     IF T1<440 OR T1>200 THEN // Если температура T1 меньше 440 или больше 200
160         AV:=FALSE; // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
161     END_IF
162     IF T2<660 OR T2>420 THEN // Если температура T2 меньше 660 или больше 420

```

```

163     AV:=FALSE;           // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
164 END_IF
165 IF T1>440 OR T1<200 THEN // Если температура T1 больше 440 или меньше 200
166     AV:=TRUE;           // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
167 END_IF
168 IF T2>660 OR T2<420 THEN // Если температура T2 больше 660 или меньше 420
169     AV:=TRUE;           // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
170 END_IF
171 END_IF
172 IF OSTA=TRUE THEN       // Если включен аварийный останов
173     IM:=IM-0.2;         // IM закрывается
174     RUCH:=FALSE;        // Отключается Ручной и Автоматический режимы
175     AUTO:=FALSE;
176     T1:=T1-0.03;        // Снижаются температуры T1 и T2 (котел отключен)
177     T2:=T2-0.03;        // останавливается подача угля, воздуха, тепла
178 IF IM<=0 THEN           // при % крана равном 0
179     KLPON:=FALSE;       // Кран закрыт
180 END_IF
181 IF IM>=0.1 THEN        // при малейшем открытии крана
182     KLPON:=TRUE;        // Кран открыт
183 END_IF
184     IF T1<440 OR T1>200 THEN // Если температура T1 меньше 440 или больше 200
185     AV:=FALSE;          // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
186 END_IF
187 IF T2<660 OR T2>420 THEN // Если температура T2 меньше 660 или больше 420
188     AV:=FALSE;          // Индикатор "АВАРИЯ" выключен
189 END_IF

190 IF T1>440 OR T1<200 THEN // Если температура T1 больше 440 или меньше 200
191     AV:=TRUE;           // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
192 END_IF
193 IF T2>660 OR T2<420 THEN // Если температура T2 больше 660 или меньше 420
194     AV:=TRUE;           // Загорается индикатор "АВАРИЯ"
195 END_IF
196 IF IM<=0 THEN           // фиксирование положения 0
197     IM:=0;
198 END_IF
199 IF IM>=100 THEN         // фиксирование положения 100
200     IM:=100;
201 END_IF
202 END_IF
203

```

Рисунок 20 – Код программы

После написания данного кода программа загружается в виртуальный контроллер. Запуск программы осуществляется следующим образом: необходимо нажать на вкладку «Логин» на главной панели проекта, далее нажать на кнопку «Старт». Нажав на кнопку «Стоп», можно остановить работу программы.

При возникновении каких-либо ошибок, связанных с загрузкой, можно перейти во вкладку «Онлайн» на главной панели проекта и выбрать «Создать

загрузочное приложение». После этого произвести «компиляцию» и запустить программу еще раз. Если это не поможет, то в таком случае лучше перезагрузить приложение и войти в него заново. Далее, перейти во вкладку «Компиляция» и выбрать «Очистить все». После этого еще раз провести запуск программы.

## 7.2 Описание графического интерфейса

Для создания мнемосхемы была использована среда разработки SCADA-систем MasterSCADA. MasterSCADA – программный пакет для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных.

Мнемосхема — это графическое изображение, основанное на функциональной схеме управляемого объекта. Схема описывает технологический процесс, используя программное управление. Мнемосхема является промежуточным звеном между оператором и производственным процессом.

Главная панель (первое окно) мнемосхемы АСР температуры перегретого пара парового котла представлена на рисунке 21.

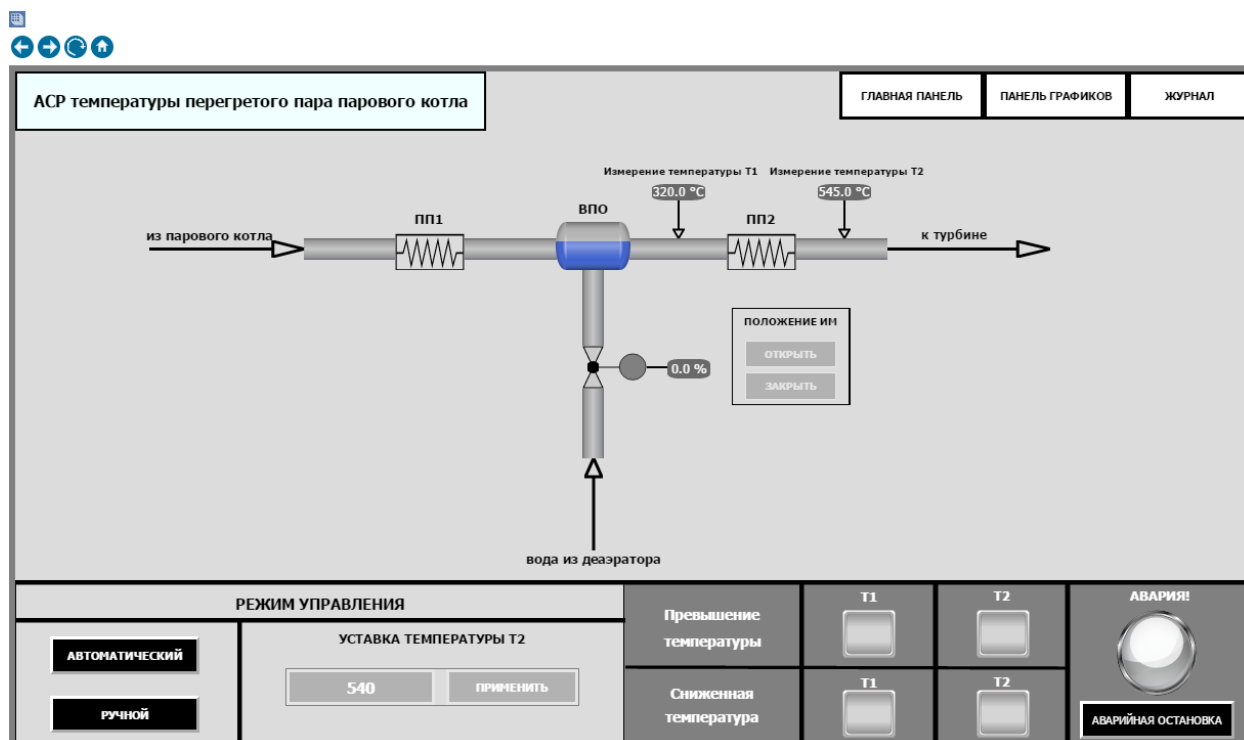


Рисунок 21 – Главная панель (первое окно)

В центральной части мнемосхемы главной панели расположено изображение технологической схемы. Также указаны основные параметры, а именно: температура T1 за второй ступенью пароперегревателя ПП2, температура T2 после второй ступени пароперегревателя ПП2 и положение исполнительного механизма. Стрелками указаны направления течения пара (слева-направо) и воды (стрелка снизу). Рядом со стрелками в прямоугольниках приведены поясняющие надписи источника технологической среды. Рядом с указателем положения ИМ расположена панель управления регулирующим органом. Кнопки можно разблокировать, если активировать ручной режим управления.

В левой нижней части схемы расположены кнопки переключения между режимами управления. Там же расположена панель уставки температуры T2, которая будет активна только в случае включения автоматического режима. В правой нижней части расположены индикаторы, сигнализирующие о превышении, либо снижении температур T1 и T2. Индикатор большого размера (АВАРИЯ!) сигнализирует о критическом снижении либо повышении температур до и после пароперегревателя. Под ним расположена кнопка, которая открывает панель управления активации/деактивации аварийной остановки котла (рисунок 22).

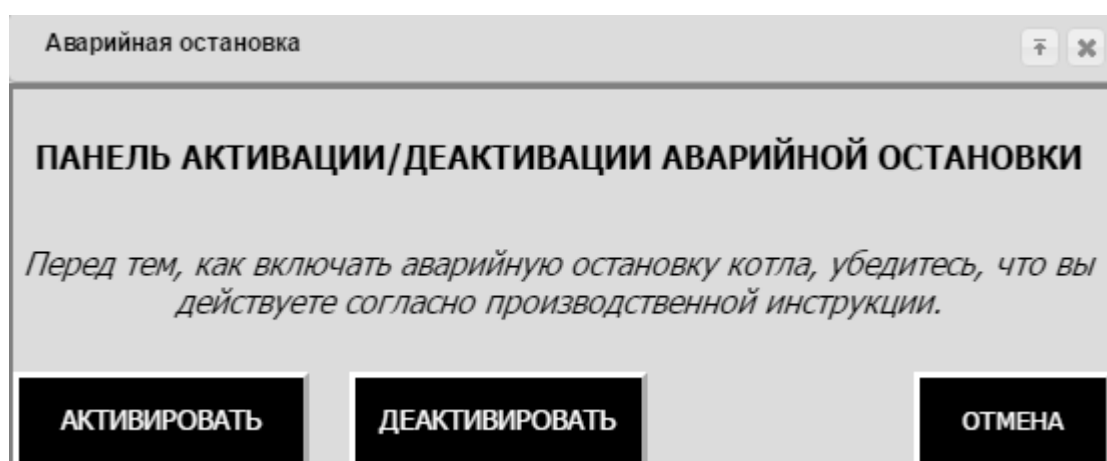


Рисунок 22 – Панель аварийной остановки котла

В правой верхней части мнемосхемы расположены кнопки перехода на панель графиков и журнал сообщений. (рисунки 23-24).

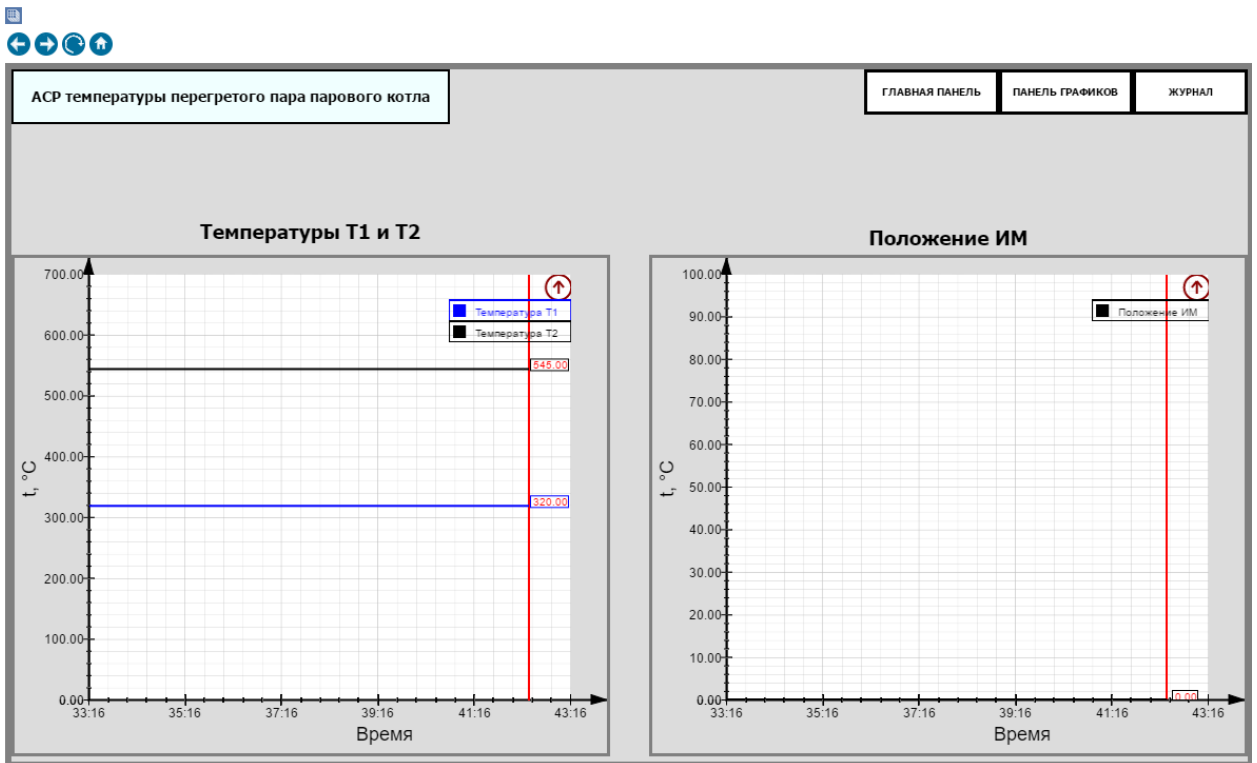


Рисунок 23 – Панель графиков

Квитировать	Время	Сообщение
Квит	14.04.2021 02:16:48	Снижение температуры T2
Квит	14.04.2021 02:16:43	Снижение температуры T1

Рисунок 24 – Журнал сообщений

В центральной части панели с графиками расположены графики линии тренда изменения температур T1 и T2 и изменения положения ИМ в реальном



времени. В верхней центральной части также расположены кнопки перехода на главную панель и журнал сообщений.

В режиме исполнения необходимо оповещать оператора о различных событиях. Для этих целей служит журнал сообщений. Журнал состоит из 3 столбцов (рисунок 24). На столбце «Квитировать» при возникновении сообщения появляется кнопка «Квит» при нажатии которой осуществляется подтверждение приема сообщения. После нажатия сообщение перестает иметь курсивное начертание (рисунок 25) и сама кнопка пропадает. Во втором столбце отображается время поступления сообщения. Сам текст сообщения расположен в третьем столбце.

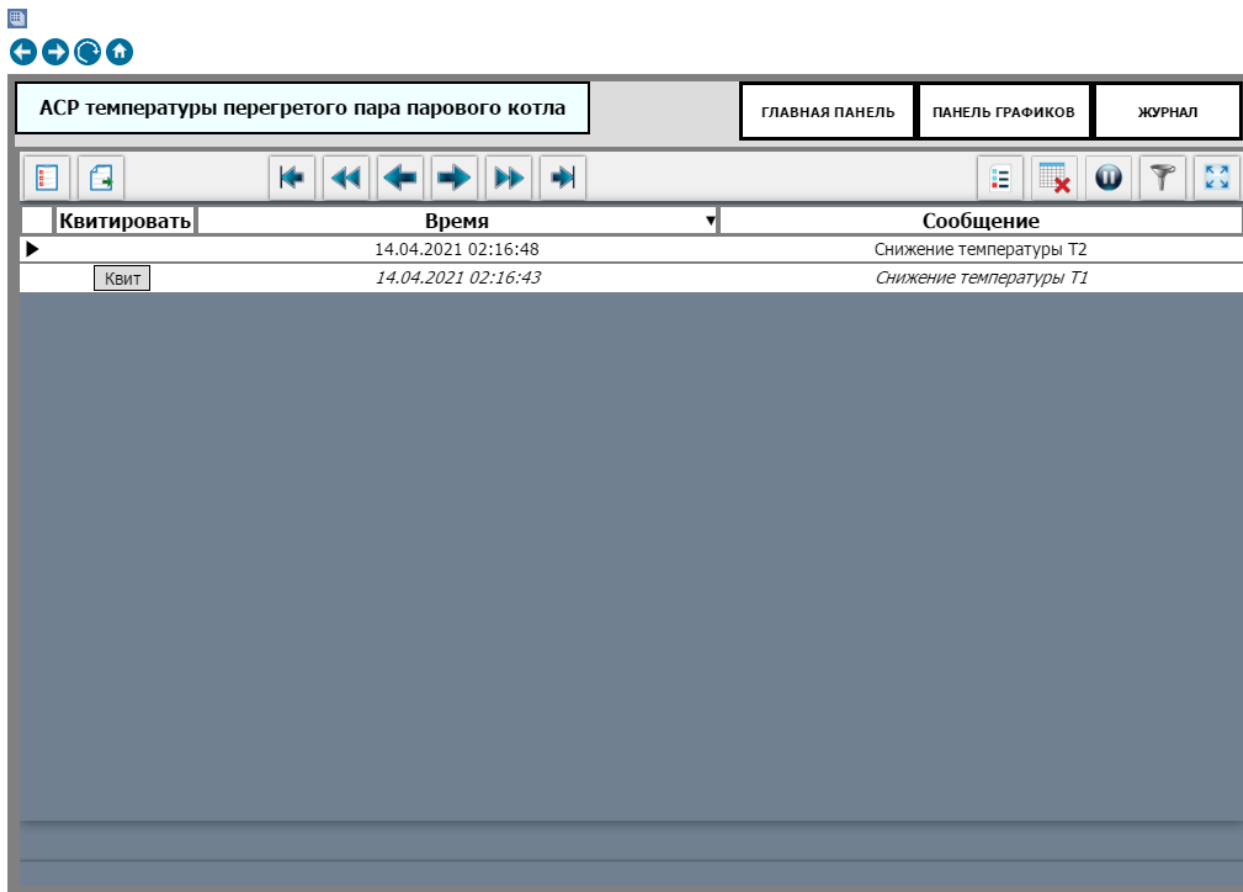


Рисунок 25 – Журнал сообщений после нажатия кнопки «Квит»



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б7В	Карим Аян Саятулы

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа энергетики</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта не более 270000 руб. Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования в соответствии с рыночными ценами г. Томска.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1,3; Накладные расходы – 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2 %.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциальных потребителей результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование затрат на научно-исследовательские работы; Определение трудоемкости работ; Построение диаграммы Ганта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительная оценка характеристик проекта; Интегральный показатель ресурсоэффективности.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Матрица SWOT;
2. Диаграмма Ганта.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б7В	Карим Аян Саятулы		

## 8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценка коммерческой ценности разработанной автоматической системы регулирования нагрузки парового котла с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- определение потенциальных потребителей исследования;
- анализ конкурентов;
- определение структуры работ, сколько времени и финансовых средств необходимо для достижения поставленной цели;
- определение ресурсоэффективности исследования.

8.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемая система регулирования температуры перегретого пара предназначена для организаций, вырабатывающих тепловую и (или) электрическую энергию (ТЭЦ, ГРЭС, АЭС и т.д.) с применением парового котла БКЗ-220-100. Например, ПАО «Интер РАО», госкорпорация «Росатом», АО «Концерн Росэнергоатом», ПАО «Мосэнерго» и т.д. Потребность в эффективном регулировании температуры перегретого пара парового котла испытывают все типы станции, производящих электрическую и тепловую энергию.

### 8.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих технических решений позволяет оценить слабые и сильные стороны разработок конкурентов, а также позволяет выработать стратегию для повышения конкурентных преимуществ [61].

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты. Для этого отберем три конкурирующие разработки, обеспечивающие автоматическое регулирование нагрузки парового котла.

К способам регулирования температуры перегретого пара относят смешение, поверхностное охлаждение и воздействие на тепловосприятие. Рассмотрим каждый способ более подробно [5].

1) Регулирование температуры перегретого пара способом смешения.

Способ смешения предполагает, что в поток перегретого пара впрыскивается вода или пар с более низким теплосодержанием. Впрыскивающий пароохладитель (ВПО) устанавливают в рассечку отдельных ступеней пароперегревателя (ПП), чтобы защитить регулируемый пакет от высоких температур и повысить качество регулирования.

Питательная вода поступает на питательный клапан, далее поступает в экономайзер и барабан котла. Пар из барабана поступает в пароперегреватели. Из этой же магистрали вода поступает на вход клапанов впрыска. В них создается перепад давления, и питательная вода «самотеком» из пароохладителей впрыскивается в перегретый пар и понижает его температуру. В случае, когда необходимо изменить температуру перегретого пара, используют положение регулирующих клапанов для изменения расхода питательной воды.

2) Регулирование температуры перегретого пара методом поверхностного охлаждения.

Следующий способ регулирования заключается в использовании так называемых поверхностных пароохладителей. Это поверхностные теплообменники, которые осуществляют передачу тепла перегретого пара к охлаждающей среде. В качестве такой среды может использоваться питательная вода.

Питательная вода поступает на двухходовой регулирующий клапан, часть проходит через экономайзер и барабан. Вторая часть уходит в поверхностный пароохладитель. Устройство передает часть тепла в ток питательной воды.

Регулирующее воздействие расхода воды на температуру перегретого пара осуществляется при помощи регулируемого положения двухходового клапана.

3) Регулирование температуры перегретого пара воздействием на тепловосприятие.

Следующий способ регулирования температуры перегретого пара – воздействие на тепловосприятие – имеет несколько вариантов реализации: изменение положение факела в котле, распределение дымовых газов по газоходам и рециркуляция дымовых газов.

Дымовые газы возвращаются в топку котла при помощи дымососа рециркуляции. Его производительность зависит от положения направляющего аппарата. Регулировать температуру перегретого пара можно осуществить и при помощи горелок в топке котла. Это можно сделать путем их поворота под определенный угол, либо осуществить их переключение при их расположении в несколько рядов.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений приведена в таблице 32. Позиции разработок приведены под номерами 1, 2, 3 соответственно. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 32, подобраны с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 32 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Простота эксплуатации	0,2	4	3	2	0,8	0,6	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2

Продолжение таблицы 32

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
3. Надежность	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
4. Качество регулирования	0,2	4	4	2	0,8	0,8	0,4
5. Простота наладки	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,05	4	2	4	0,2	0,1	0,2
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	3	3	1	0,6	0,6
3. Стоимость обслуживания	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Итого	1	34	26	25	4,4	3,25	2,9

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$\text{Б}_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Пример расчета для конкурента 1:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i = 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,05 \cdot 5 + \\ + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 = 4,4.$$

Анализируя полученные результаты, можем сделать вывод, что разработка под номером 1 является наиболее конкурентоспособным и выгодным вариантом. Данная разработка проще в наладке и эксплуатации, обеспечивает лучшее качество регулирования, динамическую точность и более продолжительный срок эксплуатации в отличие от вариантов под номерами 2 и 3.

### 8.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [61].

Проведем описание сильных и слабых сторон проекта и выделим возможности и угрозы, которые могут возникнуть в ходе реализации проекта. Матрица SWOT представлена в таблице 33.

Таблица 33 – Матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      С1. Гибкость системы.                      С2. Расширяемость системы.                      С3. Автоматизация – перспективное направление в области производства.                      С4. Простота внедрения в эксплуатацию.                      С5. Экономия топлива за счет точности регулирования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>                      Сл1. Использование зарубежных компонентов.                      Сл2. Необходимы специалисты в области программирования контроллеров.                      Сл3. Направленность данной системы регулирования на традиционную энергетику.                      Сл4. Возможен сбой программного обеспечения.                      Сл5. Невозможность аварийного перекрытия крана в случае отключения электричества.</p>
<p><b>Возможности:</b>                      В1. Повышение цен на топливо.                      В2. Внедрение системы в развивающихся странах.                      В3. Внедрение системы на старых производственных объектах.                      В4. Субсидирование систем автоматизации.                      В5. Оптимизация производства.</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности».                      1. Повышение цен на топливо способствует повышению интереса к его экономии.                      2. Вследствие субсидирования государством систем автоматизации, производства захотят получить гибкую, расширяемую и точную систему регулирования.                      3. Простота внедрения в эксплуатацию позволяет внедрить разработанную систему на старые производственные объекты.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности».                      1. При повышении цен на топливо данная АСР позволяет экономить еще больше средств, вследствие чего возможная потеря прибыли при возникновении сбоев программного обеспечения отпадает на второй план.                      2. Так как в развивающихся странах преобладает традиционная энергетика, внедрение в этих странах данной АСР компенсирует слабость, связанную с направленностью системы регулирования исключительно на традиционную энергетику.</p>
<p><b>Угрозы:</b>                      У1. Невозможность закупки зарубежного оборудования в виду санкции.                      У2. Переход на альтернативные источники энергии.                      У3. Требование государственных органов на исключительное применение отечественных компонентов системы.                      У4. Появление более качественных проектных решений у конкурентов.                      У5. Отсутствие квалифицированных специалистов в области автоматизации на российском рынке труда.</p>	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы».                      1. Совершенствовать систему регулирования и не допустить появления сильного конкурента.                      2. Свойство расширяемости разработанной системы позволяет заменить отдельные компоненты оборудования на отечественные.                      3. Отсутствие специалистов на российском рынке труда может быть компенсировано привлечением иностранных сотрудников.</p>	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы».                      1. Отсутствие квалифицированных специалистов приведет к нехватке сотрудников в штате.                      2. Внедрение санкции приведет к дефициту требуемых технических средств для данной АСР.                      3. Массовый переход на альтернативную энергетику приведет к снижению интереса к данной системе регулирования.</p>

Матрица SWOT-анализа позволила выявить сильные и слабые стороны разрабатываемой системы регулирования температуры перегретого пара, а также определить существующие возможности и угрозы при дальнейшей разработке проекта.

Данная таблица позволит предотвратить выявленные угрозы, используя сильные стороны проекта; от слабых сторон необходимо избавиться, реализуя имеющиеся возможности.

При реализации проекта необходимо, чтобы при возникновении угроз слабые стороны не стали причиной прекращения проекта. Также необходимо, чтобы сильные стороны реализовали имеющиеся возможности.

## 8.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 8.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Данный раздел отражает перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования. В ходе выполнения раздела было проведено распределение исполнителей по видам работ, установлена продолжительность работ, построен график проведения научного исследования.

В таблице 34 отражен порядок составления этапов и работ, а также распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 34 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследования	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Выбор направления исследования	Инженер
	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы
Теоретические исследования	Поиск и анализ существующих проектных решений	Инженер



Продолжение таблицы 34

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
	Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы
	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель темы
Проведение ОКР		
Разработка технической документации и проектирование	Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Инженер
	Разработка мероприятий, связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Инженер
	Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	Составление пояснительной записки ВКР	Инженер

### 8.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

В данном разделе определена трудоемкость работ каждого из участников научного исследования. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностных характер.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [61]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [61].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

### 8.2.3 Разработка графика научного исследования

Данный этап предполагает построение диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующиеся датами начала и окончания выполнения работ. Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести календарные дни. Для этого воспользуемся формулой [61]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в календарных днях, дней;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -ой работы в рабочих днях, дней;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле [61]:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году, дней;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году, дней;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году, дней.

Количество календарных дней в 2021 году составило 365 дней, количество выходных дней и праздничных дней – 118 дней.

Коэффициент календарности для временных показателей руководителя равен [61]:

$$k_{\text{кал1}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Коэффициент календарности для временных показателей инженера равен:

$$k_{\text{кал1}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \approx 1,5.$$

В таблице 35 указан перечень работ, исполнители и временные показатели выполнения проекта.

Таблица 35 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{\min}$ , чел.-дни		$t_{\max}$ , чел.-дни		$t_{\text{ож}}i$ , чел.-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1	-	3	-	1,8	-	2	-	2	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	4	-	2,8	-	3	-	4
Выбор направления исследования	-	3	-	4	-	3,4	-	3	-	5
Календарное планирование работ по теме	1	-	3	-	1,8	-	2	-	2	-
Поиск и анализ существующих проектных решений	-	3	-	4	-	3,4	-	3	-	5

Продолжение таблицы 35

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{min}$ , чел.-дни		$t_{max}$ , чел.-дни		$t_{ож}$ , чел.-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	-	4	-	5	-	4,4	-	4	-	7
Оценка эффективности полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	3	-	3	-
Определение целесообразности проведения ОКР	4	-	5	-	4,4	-	4	-	5	-
Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	-	35	-	48	-	40,2	-	40	-	60
Разработка мероприятий, связанных с охраной труда и экологической безопасностью	-	1	-	2	-	1,4	-	1	-	2
Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	-	2	-	3	-	2,4	-	2	-	4
Составление пояснительной записки ВКР	-	3	-	4	-	3,4	-	3	-	5

Календарный план-график построен на основе таблицы 36 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней).

Таблица 36 – Календарный план-график проекта

Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал.дн.												
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1. Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	■											
2. Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	4	■											
3. Выбор направления исследования	Инженер	5		■										
4. Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2		■										
5. Поиск и анализ существующих проектных решений	Инженер	5		■										
6. Сравнение существующих проектных решений, определение достоинств и недостатков, поиск способ усовершенствования	Инженер	7		■	■									
7. Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	3			■									
8. Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	5			■	■								
9. Разработка проектной конструкторской документации, подбор оборудования	Инженер	60				■	■	■	■	■	■	■	■	■
10. Разработка мероприятий, связанных с охраной труда и экологической безопасностью	Инженер	2											■	
11. Оценка коммерческого потенциала, ресурсоэффективности, ресурсосбережения	Инженер	4											■	
12. Составление пояснительной записки ВКР	Инженер	5											■	



- Руководитель



- Инженер

### 8.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 8.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный раздел предполагает включение стоимости всех материалов, используемых при разработке проекта. К материальным затратам относится только бумага А4, так как основной целью проекта является разработка проектной документации. В таблице 37 представлена стоимость материальных затрат на выполнение проекта.

Таблица 37 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Бумага формата А4	лист	23	2,5	57,5
Итого				57,5

#### 8.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по теме [61]. Затраты на оборудование приведены в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет бюджета

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Персональный компьютер	1	65 000	65 000
Итого			65 000

Затраты на амортизацию используемого ПК, руб./год рассчитываются по формуле линейной амортизации:

$$K_{\text{ам.г}} = \frac{T_{\text{исп.пк}} \cdot C_{\text{пк}}}{T_{\text{кал}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{исп.пк}}$  – время использования ПК, дней;

$C_{\text{ПК}}$  – цена ПК, руб.;

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

$T_{\text{сл}}$  – срок службы ПК, лет.

$$K_{\text{ам.г}} = \frac{110 \cdot 65000}{365 \cdot 5} = 3917,81 \text{ руб./год.}$$

Затраты на амортизацию используемого ПК, руб./месяц рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам.в м}} = \frac{K_{\text{ам.г}}}{12} = \frac{3917,81}{12} = 326,48 \text{ руб./месяц.}$$

Затраты на амортизацию используемого ПК, за время выполнения ВКР (4 месяца) рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{ам.в сем.}} = K_{\text{ам.в м}} \cdot 4 = 326,48 \cdot 4 = 1305,94 \text{ руб.}$$

### 8.3.3 Основная заработная плата исполнителей проекта

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок [61].

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату [61]:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (7)$$

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

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 процентов от  $Z_{\text{осн}}$ ), руб.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия рассчитывается по следующей формуле [61]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, рабочих дней.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [61]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (9)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске преподавателя в 56 рабочих дней  $M$  равно 10,3 месяца, 6-дневная рабочая неделя; при отпуске инженера в 28 рабочих дней  $M$  равно 11,2 месяца, 5-дневная рабочая неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочих дней. (таблица 39).

Таблица 39 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздничные дни)	66	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Месячный должностной оклад работника [61]:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (10)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,15-0,2 (т.е. 15-20 процентов от  $Z_{\text{тс}}$ );

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

Месячный должностной оклад руководителя и инженера:



$$Z_M^{\text{рук}} = Z_{\text{ТС}}^{\text{рук}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p = 35000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 68250 \text{ руб};$$

$$Z_M^{\text{инж}} = Z_{\text{ТС}}^{\text{инж}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p = 20000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 37700 \text{ руб}.$$

Среднедневная заработная плата руководителя и инженера:

$$Z_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{Z_M^{\text{рук}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{68250 \cdot 10,3}{243} = 2892,9 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{дн}}^{\text{инж}} = \frac{Z_M^{\text{инж}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{37700 \cdot 11,2}{219} = 1928,04 \text{ руб}.$$

Основная заработная плата руководителя и инженера:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} = Z_{\text{дн}}^{\text{рук}} \cdot T_p = 2892,9 \cdot 10,8 = 31243,33 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} = Z_{\text{дн}}^{\text{инж}} \cdot T_p = 1928,04 \cdot 61,4 = 118381,44 \text{ руб}.$$

Суммарная основная заработная плата:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{сум}} = Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} + Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 31243,33 \text{ руб.} + 118381,44 \text{ руб.} = 149624,78 \text{ руб}.$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 40.

Таблица 40 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ТС}}$ , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{\text{дн}}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.
Руководитель	35000	0,3	0,20	1,3	68250	2892,90	10,8	31243,33
Инженер	20000	0,3	0,15	1,3	37700	1928,04	61,4	118381,44
Итого $Z_{\text{осн}}$								149624,78

#### 8.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодно оплачиваемого отпуска и т.д.) [61].

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [61]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (11)$$

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

Дополнительная заработная плата руководителя и инженера:

$$Z_{\text{доп}}^{\text{рук}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} = 0,12 \cdot 31243,33 = 3749,2 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп}}^{\text{инж}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 0,12 \cdot 118381,44 = 14205,77 \text{ руб.}$$

Суммарная дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}}^{\text{сумм}} = Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} + Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} = 3749,2 \text{ руб.} + 14205,77 \text{ руб.} = 17954,97 \text{ руб.}$$

### 8.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФОМС) от затрат на оплату труда работников [61].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [61]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (12)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). В 2021 году коэффициент отчислений составил 0,302 (т.е. 30,2 процента).

Величина отчислений во внебюджетные фонды руководителя и инженера:

$$Z_{\text{внеб}}^{\text{рук}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}}^{\text{рук}} + Z_{\text{доп}}^{\text{рук}}) = 0,302 \cdot (31243,33 + 3749,2) = 10567,75 \text{ руб.},$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}}^{\text{инж}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}}^{\text{инж}} + Z_{\text{доп}}^{\text{инж}}) = 0,302 \cdot (118381,44 + 14205,77) \\ &= 40041,34 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Суммарные внебюджетные расходы:

$$Z_{\text{внеб}}^{\text{сумм}} = Z_{\text{внеб}}^{\text{рук}} + Z_{\text{внеб}}^{\text{инж}} = 10567,75 \text{ руб.} + 40041,34 \text{ руб.} = 50609,08 \text{ руб.}$$

### 8.3.6 Услуги сторонних организаций

Оплата услуг сторонних организаций включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме.

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров. В таблице 41 представлен перечень услуг сторонних организаций.

Таблица 41 – Услуги сторонних организаций

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Печать листов формата А4	Лист	23	2	46
Печать листов формата А3	Лист	6	35	210
Печать листов формата А2	Лист	4	10	40
Брошюровка	1	1	50	50
Итого				346

### 8.3.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле [61]:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16 процентов [2].

Величина накладных расходов:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}} + Z_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + Z_{\text{контр}}) \cdot k_{\text{нр}} =$$

$$= (149624,78 + 17954,97 + 50609,08 + 57,5 + 1305,94 + 346) \cdot 0,16$$

$$= 35183,73 \text{ руб.}$$

### 8.3.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции [61].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 42.

Таблица 42 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	57,5	Пункт 3.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	1305,94	Пункт 3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	149624,78	Пункт 3.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17954,97	Пункт 3.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	50609,08	Пункт 3.5
6. Услуги сторонних организаций	346	Пункт 3.6
7. Накладные расходы	35183,73	Пункт 3.7
8. Бюджет затрат НТИ		255082,05 руб.

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

#### 8.4.1 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности варианта исполнения проекта можно определить следующим образом [61]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности варианта исполнения проекта проведен с помощью таблицы 43.

Таблица 43 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,05	5	4	5
2. Простота эксплуатации	0,1	4	3	3
3. Динамическая точность системы	0,25	4	4	3
4. Энергосбережение	0,15	3	4	3
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,1	4	5	5
7. Срок эксплуатации	0,15	5	3	3
ИТОГО	1	30	27	26

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,25;$$

$$I_{p-исп2} = 0,05 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 3,85;$$

$$I_{p-исп3} = 0,05 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 3,5.$$

Полученные значения показателей ресурсоэффективности и дальнейшее их сравнение позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом разработки является регулирование температуры перегретого пара методом смешения, так как данный способ имеет высокий показатель надежности и больший срок эксплуатации, чем у конкурентов.

## Вывод по разделу

Основная цель данного раздела заключалась в проведении оценки коммерческой ценности проекта.

В первой части была выполнена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Были выявлены потенциальные потребители разработанного проекта, а также проведен анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке. Заполненная матрица SWOT-анализа позволила определить сильные и слабые стороны разработанного проекта, а также выявить потенциальные возможности и угрозы, исходящие извне.

Вторая часть раздела была посвящена планированию комплекса предполагаемых работ. Была определена структура работ в рамках научного исследования и трудоемкость их выполнения. Построен календарный план-график проведения работ (диаграмма Ганта).

В третьей части определен и сформирован бюджет научно-технического исследования, выполнен расчет материальных затрат, затрат на специальное оборудование, основной и дополнительной заработной платы исполнителей, определены затраты на отчисления во внебюджетные фонды, накладные и услуги сторонних организаций.

Четвертая часть раздела была посвящена определению интегрального показателя ресурсоэффективности, по значению которого можно выявить наиболее эффективный вариант разработки проекта, среди представленных конкурирующих разработок.

По полученным результатам выполнения данного раздела можно сделать вывод о том, является ли разработанный проект эффективным и конкурентоспособным. Также было рассчитано, что для реализации данного проекта необходим бюджет в размере 255082,05 рублей.

## Задание для раздела «Социальная ответственность»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б7В	Карим Аян Саятулы

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<b>РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЕРЕГРЕТОГО ПАРА ПАРОГЕНЕРАТОРА БКЗ- 220-100 СТЕПНОГОРСКОЙ ТЭЦ</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: паровой котел БКЗ-220-100, Степногорской ТЭЦ.</p> <p>Область применения: генерация насыщенного или перегретого пара на электростанции.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 09.03.2021). СТО 70238424.27.100.018-2009 Тепловые электростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-отклонение параметров микроклимата;</li> <li>-повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>-нервно-психологические нагрузки;</li> <li>-повышенный уровень электромагнитного излучения;</li> <li>-повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-поражение электрическим током.</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Атмосфера: выбросы в атмосферу, вследствие сгорания топлива (увеличение концентрации NO).</p>

	Гидросфера: повышенное использование питательной воды на впрыск; химическое загрязнение водостоков.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: -опасность пожара; -взрыв отложений угольной пыли; -затопление станции. Типичные ЧС: -срыв трубопровода.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	19.03.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б7В	Карим Аян Саятулы		



## 9 Социальная ответственность

Социальная ответственность организации заключается в ее обязательстве в отношении: охраны окружающей среды, учета интересов ближайшего окружения и общества в целом, повышения их благосостояния. На практике социальная ответственность выражается в качестве производимого товара или услуги, в своевременной уплате налогов, в создании комфортных рабочих условий для сотрудников.

Эффективный и безопасный труд возможен только в том случае, если производственные условия на рабочем месте отвечают всем требованиям стандартов в области охраны труда. Главной задачей охраны труда, является создание условий для безопасной трудовой деятельности человека, т.е. создание таких условий труда, которые исключают воздействия вредных факторов производства на рабочих [62].

В данной работе была спроектирована система регулирования температуры перегретого пара парогенератора БКЗ-220-100. Данная система устанавливается в котельной и ее использование на практике является актуальной, так как предполагает ликвидировать потери энергии, а также обеспечить надежность и безопасность работы парогенератора на Степногорской ТЭЦ. При эксплуатации данной системы регулирования уменьшится количество персонала и произойдет понижение стоимости тепловой энергии.

### 9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

#### 9.1.1 Специальные трудовые нормы правового законодательства

Все работники имеют право на охрану труда, в том числе [62]:

- на рабочее место, которое защищено от воздействия вредных или опасных производственных факторов;

- на возмещение вреда, которое причинено увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей;
- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя;
- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков и т.д.

На каждой тепловой электростанции (ТЭС) должны быть распределены границы и функции по обслуживанию оборудования, зданий и сооружений между структурными подразделениями [63]. Работники электростанции обязаны:

- поддерживать качество отпускаемой энергии - нормированную частоту и напряжение электрического тока, давление и температуру теплоносителя;
- соблюдать оперативно-диспетчерскую дисциплину;
- содержать оборудование, здания и сооружения в состоянии эксплуатационной готовности;
- обеспечивать максимальную экономичность и надежность энергопроизводства;
- соблюдать правила промышленной и пожарной безопасности в процессе эксплуатации оборудования и сооружений;
- выполнять правила охраны труда;
- снижать вредное влияние производства на людей и окружающую среду;
- обеспечивать единство измерений при производстве и распределении энергии.

### 9.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно [64] рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя, или в положениях и сидя, и стоя.

При выборе положения необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.).

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям [65], в положении стоя – [66]. Рабочее помещение должно соответствовать всем нормам освещения, прописанным в [67].

Согласно [68] при размещении органов управления необходимо выполнять следующие эргономические требования:

- органы управления должны располагаться в зоне досягаемости моторного поля;
- наиболее важные и часто используемые органы управления должны быть расположены в зоне легкой досягаемости моторного поля;
- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз;
- расположение функционально идентичных органов управления должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;
- расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора.

При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места
- возможность ведения записей, размещения документации и материалов, используемых человеком-оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов [69], а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.

## 9.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

В таблице 44 представлен перечень опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть в процессе разработки, изготовления и эксплуатации автоматической системы регулирования.

Таблица 44 – Вредные и опасные факторы

Факторы [69]	Этапы работы			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Повышенный уровень шума	–	+	+	ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1) [70].
Отклонение параметров микроклимата	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [71].
Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [72].
Повышенная температура поверхностей оборудования	+	+	+	ГОСТ Р 30331.4-95. Защита от тепловых воздействий [73].
Нервно-психологические нагрузки	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [71].
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1) [74]

### 9.3 Анализ опасных и вредных факторов

Вредным фактором на производстве является высокий уровень шума, который проявляется из-за большого количества производственного оборудования. Длительное воздействие шума может стать причиной возникновения болезней уха и нервной системы. Использование индивидуальных средств защиты (наушники, беруши и т.д.), позволяет снизить негативное влияние данного фактора. Допустимые показатели уровня шума для обслуживающего персонала кабин управления технологическим процессом приведены в таблице 45 [70].

Таблица 45 – Предельно допустимые уровни звука на рабочем месте оператора

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБ А
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	
Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля, операторская работа по точному графику с инструкцией, диспетчерская работа. Рабочее место: залы обработки информации на вычислительных машинах										65

Человек, находясь на рабочем месте, существенно подвержен влиянию микроклимата в производственном помещении, который может изменяться в течение всего рабочего дня. Неблагоприятный микроклимат может вызвать перегрев или переохлаждение организма человека, вследствие чего, возникают головные боли, слабости, повышение или понижение давления, сердечно-сосудистые заболевания. Поэтому на предприятии должны быть обеспечены комфортные условия для работы персонала. Допустимые величины параметров

микроклимата на рабочих местах в помещениях оцениваются в зависимости от категории работ по уровню энергозатрат организма.

Согласно [71] для операторов котельной категория работ определена классом Ia. Энергозатраты для данной категории составляют до 139 Вт. В таблице 46 приведены допустимые величины параметров микроклимата на рабочих местах в помещениях в холодный и теплый периоды года.

Таблица 46 – Допустимые величины параметров микроклимата для операторов котельной

Период года	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	20,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

Другим вредным фактором на производстве является воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ). Источником данного излучения являются приборы, потребляющие электрическую энергию, а именно нормирующие преобразователи, блоки питания, исполнительный механизм, первичные датчики температуры, электромагнитные реле и так далее. Излучение оказывает негативное влияние на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую систему человека. Длительное нахождение в зоне излучения вызывает головные боли, бессонницу, стресс. Специальные экранирующие костюмы позволяют обезопасить персонал от негативного влияния ЭМИ. В таблице 47 описаны допустимые уровни воздействия электромагнитного излучения [72].

Таблица 47 – Предельно допустимые значения напряженностей электрического и магнитного полей

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	От 0,06 до 3	св. 3 до 30	св. 30 до 300
Напряженность электрического поля	500	300	80
Напряженность магнитного поля	50	-	-

Люди, стационарное оборудование и материалы, находящиеся вблизи электроустановок, должны быть защищены от опасных тепловых воздействий, в том числе от тепловых излучений. Источниками тепловых излучений являются трубы горячей воды и пара, паровой котел, горелка, пакеты пароперегревателей, нагревающаяся в процессе эксплуатации электрооборудование. Средства защиты, изготовленные из огнеупорных материалов, позволяют защититься от ожогов и тепловых воздействий. Неконтролируемое тепловое воздействие может стать причиной горения или разрушения материалов, получения ожогов, угрозы безопасной работе электрооборудования, возникновения пожара. Максимальные температуры доступных для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы приведены в таблице 48 [73].

Таблица 48 – Максимальные температуры доступных для прикосновения частей электрооборудования при нормальных условиях работы

Доступные для прикосновения части электрооборудования	Материал доступных частей	Максимальные температуры, °С
Ручки управления	Металл	55
	Не металл	65
Части, не предназначенные для удерживания руками	Металл	70
	Не металл	80
Части, не предназначенные для прикосновения при нормальных условиях обслуживания	Металл	80
	Не металл	90

Длительная работа без перерывов на рабочем месте может привести к ухудшению сна, беспокойству и стрессу. Нервно-психологические нагрузки



включают в себя умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов и эмоциональные перегрузки [69]. Допустимые величины психофизиологических факторов приведены в таблице 49 [71].

Таблица 49 – Допустимые величины психофизиологических производственных факторов по показателям тяжести и напряженности труда

Факторы трудового процесса	Допустимые величины
1. Подъем и перемещение (разовое) тяжести при чередовании с другой работой (до 2 раз в час), кг	До 30
2. Подъем и перемещение (разовое) тяжести постоянно в течение рабочей смены, кг	До 15
3. Суммарная масса грузов, перемещаемых в течение каждого часа смены, кг:	
- с рабочей поверхности,	До 870
-с пола	До 435
4. Рабочая поза	Периодическое, до 25 процентов времени смены, нахождение в неудобной (работа с поворотом туловища, поднятыми руками, неудобным размещением конечностей) и (или) фиксированной позе (невозможность изменения взаимного положения тела относительно друг друга)
5. Наклоны корпуса (вынужденные более 30 град.), количество за смену	51-100
6. Перемещения в пространстве, обусловленные технологически процессом, км	До 8
7. Монотонность нагрузок	
7.1. Число элементов или повторяющихся операций	От 9 до 6
8. Сенсорные нагрузки	
8.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)	От 26 до 50
8.2. Плотность сигналов (световых, звуковых) в среднем за час работы	От 76 до 125
8.3. Число объектов наблюдения	От 6 до 10

Помещение котельной содержит большое количество проводов и электроприборов, которые работают на высоких значениях напряжения и силы тока. Неправильная изоляция, либо отсутствие заземления может привести к

поражению персонала электрическим током или к возникновению возгораний. Использование специального снаряжения, изготовленного из диэлектрического материала, позволяет защититься от поражения электрическим током. Напряжение прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, которые указаны в таблице 50 [74].

Таблица 50 – Значения напряжений прикосновений и токов

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

#### 9.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

При превышении допустимых значений уровня шума проводятся мероприятия по снижению уровня шума, например, использование индивидуальных средств защиты (наушников, беруши). Установка стен с шумоизоляцией также позволяет снизить уровень шума в помещении.

Для того чтобы поддерживать оптимальные значения показателей микроклимата в производственных помещениях устанавливаются системы кондиционирования, отопления, вентиляции, увлажнения.

Эффективным средством защиты от ЭМИ является снижение времени нахождения вблизи источника излучения. Это достигается нормированным рабочим графиком и обязательными перерывами в течение рабочего дня. Также персонал во время работы должен быть обеспечен специальной одеждой, защищающей от негативного воздействия электромагнитного излучения.

Для обеспечения электробезопасности необходимо соблюдение всех норм и правил эксплуатации электрического оборудования, таких как:

- использование защитного заземления и зануления;

- использование средств индивидуальной защиты;
- контроль изоляции проводов, а также технического состояния приборов;
- соблюдение организационных мер обеспечения безопасности.

Для предотвращения возникновения нервно-психических перегрузок работников, в первую очередь необходимо ограничить информацию, поступающую к работнику. Это достигается путем рациональной конструкции пультов и щитов управления, упорядочения качества информации, идущей из внешней среды, надежной изоляцией работника от внешних опасностей.

Для предотвращения возникновения происшествий, связанных с длительным воздействием теплового излучения, используются специальные средства защиты и материалы, стойкие к тепловому воздействию и возгоранию.

## 9.5 Экологическая безопасность

Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются выбросы загрязняющих веществ предприятия энергетики, которые обусловлены процессами сгорания топлива.

На окружающую среду могут быть оказаны такие воздействия как заражение воздуха прилегающей территории от производства, уничтожение растительности, путем непосредственного заражения токсичным веществом, механическое и химическое загрязнение водостоков, загрязнение сточными водами. В таблице 51 представлены источники неблагоприятного воздействия и природоохранные мероприятия [75,76].

Таблица 51 – Неблагоприятные воздействия и природоохранные мероприятия

Среда	Тип загрязнения	Природоохранное мероприятие
Атмосфера	Выбросы в атмосферу, вследствие сгорания топлива (повышение концентрации NO)	-регулирование температуры в топке котла; -контроль расхода воздуха, поступающего в топку котла; -улавливание сернистых соединений; - установка сооружений для очистки дымовых газов.
Гидросфера	Повышенный расход питательной воды, идущей на впрыск; химическое загрязнение водостоков.	-качественное регулирование расхода впрыскиваемой воды. -установка сооружения для очистки сточных вод; - повторное использование сточных вод для нужд станции.

## 9.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей, которые вызвала авария, катастрофа, эпидемия, стихийное бедствие, которые привели или могут привести к человеческим и материальным потерям, заражению людей и животных. По характеру ЧС могут быть техногенными, природными, биологическими, социальными или экологическими [77].

Возможные ЧС, которые могут возникнуть при эксплуатации объекта: опасность пожара, взрыв отложений угольной пыли, срыв трубопровода и затопление станции.

Наиболее вероятным видом ЧС на данном объекте является срыв трубопровода горячей воды. При возникновении такой ситуации необходимо перекрыть подачу воды на участке трубопровода, тем самым предотвратив затопление котельной и станции в целом. Персонал, получивший ожоги, должен немедленно обратиться в пункт скорой помощи для получения медицинской помощи.

## Выводы по разделу

В ходе работы были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, вопросы, связанные с экологической и производственной безопасностью и с безопасностью при возникновении чрезвычайных ситуаций.

При внедрении описанных в разделе норм и правил, касающихся безопасности персонала и окружающей среды, можно добиться значительного снижения выбросов, что положительно скажется на экологии региона, в котором находится предприятие «Степногорская ТЭЦ» и при этом, обеспечить комфортные и безопасные условия труда для работников станции.

## Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены основы проектирования автоматической системы регулирования на примере АСР температуры перегретого пара, а также изучены технические средства автоматизации. Итогом работы является разработанная система автоматического регулирования температуры перегретого пара парового котла. Для проектировки АСР были выполнены следующие задачи:

- 1) выбрана структура АСР;
- 2) произведен выбор современных технических средств;
- 3) составлена заказная спецификация;
- 4) разработана принципиальная электрическая схема;
- 5) разработана монтажная схема;
- 6) разработан чертеж общего вида щитовой конструкции;
- 7) разработано программное обеспечение среднего и верхнего уровней;
- 8) проведена оценка коммерческой ценности проекта;
- 9) рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

В программной среде CoDeSys написан код программы, в соответствии с которым будет осуществляться регулирование рассматриваемого параметра. Для учета управления процессом и мониторинга значений был разработан операторский интерфейс на основе SCADA-системы. Полученная система позволяет реализовывать управление как в автоматическом, так и в ручном режиме.

Использование программируемого логического контроллера позволяет эффективно осуществлять регулирование температуры перегретого пара, вследствие чего повышается ресурсоэффективность.

Контроллер также является модульным и свободно программируемым, то есть имеется возможность модернизировать разработанную АСР путем

добавления новых элементов в систему и (или) перепрограммировать его в соответствии с новыми требованиями.

В системе используется исполнительный механизм нового поколения в комплекте с интеллектуальным блоком КИМ2, в котором реализовано множество функций, необходимых для управления ИМ как в дистанционном, так и в ручном режиме. Устройство включает в себя: тиристорный пускатель; цифровой датчик положения; цифровой датчик момента; дисплей LED; источник питания на 24 В; узел контроля токов и напряжения сети. Такое решение позволяет значительно упростить подбор оборудования для разрабатываемой АСР, так как большинство функций вспомогательных устройств уже реализовано в ИМ.

## Список использованных источников

1. Описание котлоагрегата БКЗ-220-100 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://revolution.allbest.ru/physics/00324398\\_0.html#text](https://revolution.allbest.ru/physics/00324398_0.html#text) свободный. – (дата обращения 06.02.2021).

2. Котел БКЗ-220-100. Характеристики и испытания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroystandart.info/index.php?name=pages&op=view&id=1311> свободный. – (дата обращения 06.02.2021).

3. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: [учебник для вузов по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)"] / Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стер. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. – 351 с.: ил. - ISBN 5-903072-85-9: 30000.00.

4. Клюев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

5. Андык В.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС: учебник / В.С. Андык; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 408 с.

6. Термоэлектрические преобразователи (термопары) дТП: ТПК-ХА, ТПЛ-ХК -011...041. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--plai/catalog/dtp-tpk-ha-tpl-hk-011-041/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

7. Термоэлектрические преобразователи (термопары): ТП-2088, -1388, -2388, -1085, -2488, -0188, -0198, -0199, -0295, -0395, -0195, -2187-Exd. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--plai/catalog/tp-2088-1388-2388-1085-2488-0188-0198-0199-0295-0395-0195-2187-exd/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).



8. Термоэлектрические преобразователи (термопары) дТП: ТПК-ХА, ТПЛ-ХК -011...041. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/dtp-tpk-ha-tpl-hk-011-041/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

9. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/produksiya/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

10. НПСи-ТП нормирующий преобразователь. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/npsi-tp-normiruyushhij-preobrazovatel/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

11. НПТ-1 нормирующий преобразователь. Каталог продукции ОАО «ОВЕН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/npt1> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

12. НУ-01, -02 преобразователи температуры. Каталог продукции ОАО «Теплоприбор» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/nu-01-02-preobrazovатели-temperatury/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

13. Основы автоматики и системы автоматического управления: учебное пособие / Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – Ч. 1. – 96 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0680-6

14. РМ 4-173-79 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293836/4293836608.htm#i36981> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

15. Однооборотные электроприводы с интеллектуальным блоком КИМ2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zeim.ru/production/meo/kim2/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

16. ioLogik E2212. Каталог продукции компании «МОХА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moxa.pro/catalog/iologike2212> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

17. ПЛК200 контроллер для малых и средних систем автоматизации. Каталог продукции ОАО «ОВЕН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk200/> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

18. ПЛК160 [M02] контроллер для средних систем автоматизации с DI/DO/AI/AO (обновленный). Каталог продукции ОАО «ОВЕН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk160> свободный. – (дата обращения 16.02.2021).

19. ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200069439> свободный. – (дата обращения: 09.03.2021);

20. Выключатель автоматический двухполюсный 50А С ВА47-29 4,5кА (MVA20-2-050-С). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9694548/>, свободный. – Загл. с экрана.

21. Выключатель автоматический однополюсный ВА-101. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dek.ru/catalog/avtomaticheskie-vykljuchateli-serij-va-101>, свободный. – Загл. с экрана.

22. Розетка на DIN-рейку РМ-102 16А (18012ДЕК). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/9829979/>, свободный. – Загл. с экрана.

23. Клемма 4-проводная проходная на DIN-рейку (2002-1401). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/6304960/>, свободный. – Загл. с экрана.

24. РТ 2-РЕ/S-230АС-ST. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.phoenixcontact-online.ru/product/pt-2-pes-230ac-st/>, свободный. – Загл. с экрана.

25. БП30А, БП30А-С, БП60А, БП60А-С компактные блоки питания для шкафов автоматики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/bp30a>, свободный. – Загл. с экрана.
26. Выключатель двери концевой SZ 600 мм (2500460). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/2462646/>, свободный. – Загл. с экрана.
27. Прибор осветительный 11 Вт розетка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/4295811/>, свободный. – Загл. с экрана.
28. Реле контроля температуры RT-820M (EA07.001.007). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/cat/nn/1802323/>, свободный. – Загл. с экрана.
29. Релейный модуль PLC-RPT- 24DC/21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2900299&library=ruru&tab=1>, свободный. – Загл. с экрана.
30. Фильтрующие вентиляторы Top Therm. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ru-ru/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0168KLIMA1/PGR1932KLIMA1/PG0201KLIMA1/PRO0299KLIMA&productID=3239100>, свободный. – Загл. с экрана.
31. Модуль аналогового ввода MB210-101. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/moduli\\_analogovogo\\_vvoda\\_s\\_universal\\_nimi\\_vhodami\\_ethernet\\_mv210/specifications](https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vvoda_s_universal_nimi_vhodami_ethernet_mv210/specifications), свободный. – Загл. с экрана.
32. КСН210-5 – 5-портовые сетевые неуправляемые коммутаторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/ksn210>, свободный. – Загл. с экрана.
33. Клемма проходная УТ 2,5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phoenix-contact.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

34. НПТ линейка нормирующих преобразователей для термометров сопротивления и термопар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/npt> , свободный. – Загл. с экрана.
35. Согласующие преобразователи SIRIUS 3RS17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.siemens-pro.ru/docs/3rs/ic10\\_08\\_3rs17.pdf](https://www.siemens-pro.ru/docs/3rs/ic10_08_3rs17.pdf), свободный. – Загл. с экрана.
36. Модуль аналогового вывода МУ210-501. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/moduli\\_analogovogo\\_vivoda\\_ethernet\\_mu210/accessories](https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vivoda_ethernet_mu210/accessories) , свободный. – Загл. с экрана.
37. Интеллектуальный блок КИМ2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://www.zeim.ru/production/control\\_system/kim2/](https://www.zeim.ru/production/control_system/kim2/) , свободный. – Загл. с экрана.
38. Модуль дискретного ввода МВ210-202. [Электронный ресурс]. – Режим доступа [https://owen.ru/product/moduli\\_diskretnogo\\_vvoda\\_ethernet/connection](https://owen.ru/product/moduli_diskretnogo_vvoda_ethernet/connection) , свободный. – Загл. с экрана.
39. Релейный модуль PLC-RPT- 24DC/21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2900299&library=ruru&tab=1> , свободный. – Загл. с экрана.
40. Модуль дискретного вывода МУ210-401. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/moduli\\_diskretnogo\\_vivoda\\_ethernet/accessories](https://owen.ru/product/moduli_diskretnogo_vivoda_ethernet/accessories) , свободный. – Загл. с экрана.
41. Релейный модуль – RIF-2-RSC-LDP-24DC/2X21 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=2903326&library=ruru&pcck=P-16-06-02-01&tab=1&selectedCategory=ALL> , свободный. (дата обращения: 30.03.21);

42. Лампа АВВ CL2-502R красная со встроенным светодиодом 24В AC/DC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop220.ru/1sfa619403r5021-lampa-abb-cl2-502r-krasnaya-so-vstroennym-svetodiodom-24v-ac-dc.htm>, свободный. (дата обращения: 13.04.21);
43. Лампа АВВ CL2-502G зелёная со встроенным светодиодом 24В AC/DC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop220.ru/1sfa619403r5022-lampa-abb-cl2-502g-zelyonaya-so-vstroennym-svetodiodom-24v-ac-dc.htm>, свободный. (дата обращения: 13.04.21);
44. Лампа АВВ CL2-502G желтая со встроенным светодиодом 24В AC/DC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shop220.ru/bls10-adds-230-k05-lampa-ad22dsledmatritsa-d22mm-zheltyy-230v-iek.htm> , свободный. (дата обращения: 13.04.21);
45. Кнопка красная возвратная 22 мм 24 В с подсветкой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/>, свободный. (дата обращения: 13.04.21);
46. Кнопка зеленая возвратная 22 мм 24 В с подсветкой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/>, свободный. (дата обращения: 13.04.21);
47. Кнопка желтая возвратная 22 мм 24 В с подсветкой. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.etm.ru/>, свободный. (дата обращения: 13.04.21);
48. Каталог электрооборудования DEKraft. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dek.ru/>, свободный. (дата обращения: 13.04.21).
49. Клемма проходная УТ 2,5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://phoenix-contact.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
50. Клеммы для установки предохранителей - УТ 4-НЕСИLED 24 (5X20) 820КОНМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru/?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=3036826&library=ruru&pcck=P-15-01-12-01&tab=2&selectedCategory=ALL> , свободный. – Загл. с экрана.

51. Свод правил системы автоматизации (Systems of automation. The staticized edition) Актуализированная редакция СНиП 3.05.07-85 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044317> , свободный. – Загл. с экрана.

52. КРНБ. Кабельный справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-izolyacziej-iz-rezinyi-0,66-kv/krnb-0-66kv/> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

53. Кабель СФКЭ ХА. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://owen.ru/product/kabeli\\_k\\_preobrazovatelyam\\_termoelektricheskim](https://owen.ru/product/kabeli_k_preobrazovatelyam_termoelektricheskim) свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

54. Коробка протяжная ПК200х90. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.texenergo.ru/catalog/list.html/102924> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

55. Кабель КРВГЭ. Кабельный справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-izolyacziej-iz-rezinyi-0,66-kv/krvge-0-66kv/> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

56. ГОСТ 10704-91 [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/1200001409> свободный. – (дата обращения 02.03.2021).

57. Компактные системные шкафы АЕ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ru-ru/product/show/variantdetail.action?productID=1005600> , свободный. – (дата обращения 15.04.21);

58. DIN-рейка с перфорацией – NS 35/7,5 PERF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/ru?uri=pxc-oc-itemdetail:pid=1210019&library=ruru&tab=1>, свободный. – (дата обращения 15.04.21);

59. Короб перфорированный 40х40 в комплекте с крышкой Efape1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bestoffice.ru/part/cabel-kanaly->

[efapel/perforkor/korob-perforirovannyj-40h40-v-komplekte-s-kryskoj-metr-efapel-14020-ccz.html](http://efapel/perforkor/korob-perforirovannyj-40h40-v-komplekte-s-kryskoj-metr-efapel-14020-ccz.html), свободный. – (дата обращения 15.04.21).

60. Настенное крепление для KL, EB, BG, AE, CM, настенных корпусов EL, верхних частей TP и малого распределителя ВОЛС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.rittal.com/ru-ru/product/show/variantdetail.action;jsessionid=92F77E6EB4FBE507E21EF353F9462A01?categoryPath=/PG0001/PG0900ZUBENOER1/PG0904ZUBENOER1/PG0909ZUBENOER1/PRO11706ZUBENOER&productID=2433000&func=recommend> , свободный. – (дата обращения 15.04.21).

61. 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.

62. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 09.03.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_34683/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/) , свободный. – Загл. с экрана.

63. СТО 70238424.27.100.018-2009 Тепловые электростанции. Организация эксплуатации и технического обслуживания. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200093693>, свободный. – Загл. с экрана.

64. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200234> , свободный. – Загл. с экрана.

65. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> , свободный. – Загл. с экрана.

66. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования



[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200005187>, свободный. – Загл. с экрана.

67. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707>, свободный. – Загл. с экрана.

68. ГОСТ 22269-76. Система «Человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834>, свободный. – Загл. с экрана.

69. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный. – Загл. с экрана.

70. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901703278>, свободный. – Загл. с экрана.

71. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901704046>, свободный. – Загл. с экрана.

72. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200272>, свободный. – Загл. с экрана.

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

74. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды



обитания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> , свободный. – Загл. с экрана.

75. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> , свободный. – Загл. с экрана.

76. Защита окружающей среды при эксплуатации ТЭС. Текст научной статьи по специальности «Химические технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschita-okruzhayuschey-sredy-pri-ekspluatatsii-tes> , свободный. – Загл. с экрана.

77. 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.