



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

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
ООП/ОПОП: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике
и теплотехнике
Отделение школы: НОЦ И.Н. Бутакова

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Автоматическая система регулирования нагрузки прямоточного парогенератора

УДК: 681.51:621.181.142

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Михаил Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Якимова Татьяна Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Атрошенко Юлиана Константиновна	К.Т.Н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

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

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 84 страницы, 10 рисунков, 33 таблицы, 50 источников.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования, нагрузка, прямоточный парогенератор.

Объектом автоматизации является паровой котел ТПП-210.

Цель работы: разработка автоматической системы регулирования (АСР) нагрузки прямоточного парогенератора.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы разработана структурная и функциональная схемы АСР ТП, составлена спецификация приборов и средств автоматизации, а также выполнена разработка монтажной схемы, схемы электрических соединений и общего вида щита автоматизации, составлен перечень элементов.

Результатом выполнения работы является комплект документации на автоматическую систему регулирования (АСР) нагрузки прямоточного парогенератора.

Оглавление

Введение.....	8
1 Системный анализ объекта автоматизации.....	9
1.1 Описание назначения объекта автоматизации.....	9
1.2 Описание процессов, в которых непосредственно задействован объект автоматизации.....	9
1.2.1 Описание парогенератора ТПП – 210	10
1.3 Перечень регулируемых и контролируемых параметров	13
1.4 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий	14
2 Разработка структуры КТС автоматизированной системы управления	16
2.1 Сравнительный анализ найденных структурных схем, выбор структуры АСР	16
2.2 Описание принципа работы разработанной структурной схемы и назначения входящих в ее состав элементов.....	19
3 Разработка функциональной схемы АСР	21
4 Выбор приборов и средств автоматизации	26
4.1 Выбор измерительных преобразователей температуры	26
4.2 Выбор защитной гильзы	27
4.3 Выбор преобразователя давления	28
4.4 Выбор сужающего устройства (сопла).....	29
4.5 Выбор промежуточного преобразователя расхода.....	30
4.6 Выбор блока питания и преобразования сигналов с корнеизвлекающей характеристикой	30
4.7 Выбор пускателя.....	31
4.8 Выбор исполнительного механизма	32

4.9	Выбор программируемого логического контроллера	33
7	Составление перечня элементов щита управления.....	43
8	Разработка схемы соединений внешних проводок АСР	44
9	Разработка общего вида щита управления	47
9.1	Выбор шкафа для размещения оборудования	47
9.2	Описание общего вида щита управления	47
10	Разработка мнемосхемы схемы проекта.....	49
11	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение	54
11.1	Планирование работ и оценка времени выполнения	54
11.2	Смета затрат на проект	56
11.2.1	Материальные затраты.....	57
11.2.2	Затраты на амортизацию.....	57
11.2.3	Затраты на заработную плату.....	57
11.2.4	Затраты на социальные отчисления во внебюджетные фонды	59
11.2.5	Прочие затраты	59
11.2.6	Накладные расходы.....	60
11.3	Смета затрат на оборудование и монтажные работы	60
11.4	Расчет годовых эксплуатационных издержек	62
11.5	Расчет экономической эффективности	64
12	Социальная ответственность	67
12.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
12.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства	67
12.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	67
12.2	Производственная безопасность	68
12.2.1	Повышенный уровень шума.....	69

12.2.2	Монотонность труда, вызывающая монотонию	70
12.2.3	Длительное сосредоточенное наблюдение	70
12.2.4	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	70
12.2.5	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	71
12.2.6	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека.....	72
12.3	Экологическая безопасность при эксплуатации	72
12.3.1	Воздействие на литосферу.....	73
12.3.2	Воздействие на гидросферу.....	74
12.3.3	Воздействие на атмосферу	74
12.3.4	Мероприятия по защите окружающей среды.....	75
12.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	75
12.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	75
12.4.2	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	76
12.5	Выводы по разделу.....	76
	Заключение.....	78
	Список используемых источников	79

Введение

Автоматическое регулирование теплоэнергетическими объектами – это отрасль науки и техники, которая занимается теорией и принципами построения систем управления технологическими процессами без непосредственного участия человека. Если в первые годы развития энергетики под автоматическим регулированием понималось выполнение определенных, часто повторяющихся действий без участия персонала, обслуживающего энергетические объекты, то сегодня основную роль играют методы и технические средства, обеспечивающие организацию и оптимизацию технических процессов и автоматизацию управления ими.

Использование систем автоматического регулирования позволяет повысить надежность и эффективность работы оборудования электростанций при меньшем количестве обслуживающего персонала. Таким образом, применение компьютерных технологий в электроэнергетике является важным шагом на пути эффективного управления технологическим процессом работы тепловых электростанций. Автоматизированные системы, основанные на данных технологиях, помогают снизить риск ошибок, оптимизировать рабочие процессы и достигнуть максимальной эффективности работы электростанций и энергосистем. Поэтому вопросы, рассмотренные в рамках данного исследования, являются актуальными.

Цель работы выпускной квалификационной работы – разработка АСР нагрузки прямоточного парогенератора. Для АСР разработать структурную, функциональную схемы, схему внешних проводок, электрическую принципиальную и общий вид щита управления.

1 Системный анализ объекта автоматизации

1.1 Описание назначения объекта автоматизации

Объект автоматизации – это любое техническое оборудование, например машины и комплексы, которыми необходимо управлять. Объектом автоматизации является паровой котел ТПП-210.

В паровом котле поверхность нагрева является главным рабочим элементом. Она представляет собой трубчатую металлическую поверхность, на которой происходят процессы нагрева и передачи тепла. Одна сторона поверхности очищается горячими отходящими газами, а другая - водой, пароводяными смесями, паром или воздухом. К таким поверхностям можно отнести экономайзеры, испарители, барабаны, пароперегреватели типа конвективных и ширмовых, а также воздухоподогреватели в трубчатом и регенеративном исполнении. Нагрев на этих поверхностях может осуществляться с помощью различных теплоносителей, таких как пар, вода или воздух.

Давление пара, производимого котлом, напрямую зависит от расхода топлива, подаваемого в топку для сжигания. Чем выше расход топлива, тем более высокое давление пара в котле можно поддерживать при одинаковой паропроизводительности. И наоборот, если давление пара остается постоянным, паропроизводительность котла можно изменять, изменяя расход топлива.

1.2 Описание процессов, в которых непосредственно задействован объект автоматизации.

Регулирование давления пара является важным процессом в работе паровых котлов. Для достижения желаемого давления пара необходимо контролировать подачу топлива в топку котла. Основным принципом

построения системы регулирования давления пара является сравнение заданного значения давления с фактическим и соответствующее изменение количества подаваемого топлива. Это позволяет устранить расхождение между желаемым и фактическим значением давления пара. В полном соответствии с этим принципом были разработаны многие системы регулирования давления пара в паровых котлах. Они обеспечивают стабильную работу паровых котлов и снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций. Поэтому, правильное регулирование давления пара необходимо для безопасной и эффективной работы паровых котлов. Измерение давления – важный этап в работе многих технологических процессов. Однако, не менее важно своевременно реагировать на изменения давления и предотвращать возможные аварии и остановки, которые могут серьезно повлиять на эффективность работы предприятия. В этом контексте вопрос об интеллектуальности средств измерения давления становится особенно актуальным. Современные технологии позволяют создавать устройства, которые не только измеряют давление, но и могут анализировать его изменения и прогнозировать возможные отклонения в технологическом процессе. Такие устройства обладают большой точностью и надежностью, что позволяет предотвращать опасные ситуации и снижать риски аварий.

1.2.1 Описание парогенератора ТПП – 210

Паровые котлы ТПП-210 – это высокоэффективное оборудование, способное осуществлять производство пара для различных технологических процессов. Они были выпущены ТКЗ в 1964 и 1967 гг. и предназначены для работы на антрацитовом штыбе с жидким шлакоудалением. В то же время, возможно использование донецкого угля марки Т.

Компоновка агрегата – П-образная двухкорпусная симметричная. Температура первичного перегрева равна 565 °С, что позволяет получить пар высокого качества, используемый в различных ТЭЦ и других производствах.

Расчетная температура уходящих газов $t_{yx} = 131$ °С, КПД парового котла $\eta = 90$ %. На рис.1 и рис.2 представлены продольный разрез и схема пароводяного тракта котла.

В топке котла ТПП-210 содержит 24 горелки, у которых производительность составляет 5 т/ч каждая.

В одном пароводяном тракте объединены четыре потока пара с самостоятельным питанием и перегревом для регулирования питания и охлаждения. Система включает в себя НРЧ, ВРЧ, экраны поворотной камерой или потолка топки. Для обеспечения надежности первичного перегревателя конвективный перегреватель включен последним. После потолочного экрана находятся встроенная задвижка и растопочный сепаратор, перед ширмовыми перегревателями высокого давления. Растопочный сепаратор расположен вблизи стены напротив потолочного экрана, перед ширмовыми перегревателями высокого давления. В целях обеспечения стабильности работы системы используются методы повышения надежности и оптимизации элементов пароводяного тракта.

Вертикальные многоходовые подъемно-опускные панели с нижним подводом и верхним отводом обогреваемой среды применены для создания экранов НРЧ и ВРЧ. Панели каждого потока расположены последовательно на двух стенах топки. Ширмовые поверхности перегревателя высокого давления имеют форму буквы U. Вторичный перегреватель состоит только из конвективных элементов. Первым элементом после вторичного пара является пакет ГПШТО20.

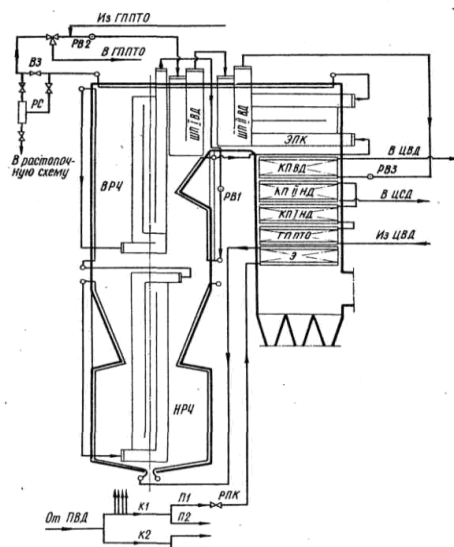


Рисунок 1 – Продольный разрез парового котла ТПП-210

В данном исследовании рассматривается продольный разрез парового котла ТПП-210, представленный на Рисунке 1. Котел имеет две ступени вторичного перегревателя, выполненные в виде конвективных пакетов. Первая ступень включена по противотоку, что обеспечивает эффективную передачу тепла от выходящих газов к направляющим лопаткам. Вторая ступень включена по прямотоку и способствует повышению температуры пара за счет дополнительного нагрева. Такое устройство вторичного перегревателя позволяет достичь высокой эффективности нагрева пара, что является критически важным для эффективной работы котла в целом.

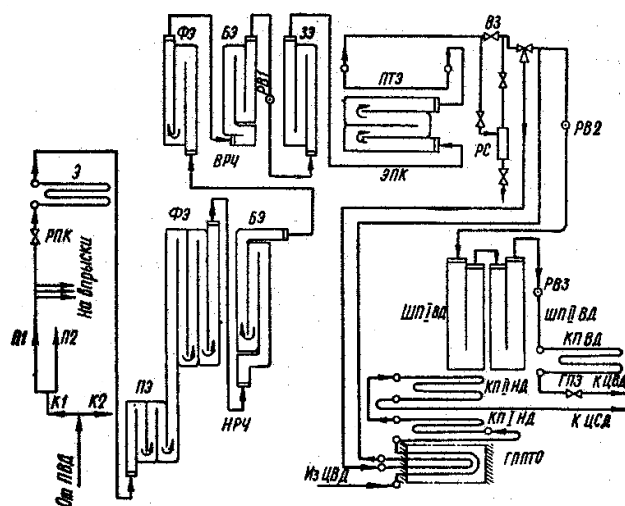


Рисунок 2 – Схема пароводяного тракта парового котла ТПП-210

В процессе регулирования температуры вторичного перегретого пара используется технология поддержания постоянного водотопливного отношения. Данный процесс регулируется с помощью трех регуляторов впрыска, расположенных в определенном порядке: РВ1 - перед экраном задней стенки ВРЧ, РВ2 - перед ШПВД и РВ3 - перед КПВД. Процесс же регулирования температуры промежуточного перегрева пара выполняется при помощи ГППТО. Конструктивно данный объект выполнен в виде пакета труб, обогреваемых конвективно на поверхности. ГППТО расположен на опускной шахте перед экономайзером. Основным преимуществом парового котла является его оснащение четырьмя регенеративными воздухоподогревателями [2].

1.3 Перечень регулируемых и контролируемых параметров

Базовый перечень регулируемых и контролируемых параметров представлен в таблице.

Таблица 1 – Перечень регулируемых и контролируемых параметров 1.

Регулируемый параметр		Контролируемый параметр	
Номинальное значение	Диапазон изменения	Номинальное значение	Диапазон изменения
1. Давление свежего пара		1. Расход питательной воды	
25 МПа	23,75 МПа ... 26,25 МПа	254 т/ч	241,3 т/ч ... 266,7 т/ч
		2. Температура свежего пара	
		565 °С	537 °С ... 593 °С
		3. Давление свежего пара	
25 МПа	23,75 МПа ... 26,25 МПа		

Продолжение таблицы 1

	4. Температура газов в поворотной камере	
	833 °С	791 °С ... 875 °С

1.4 Перечень возмущающих и регулирующих воздействий

Влияние на давление перегретого пара может оказываться различными факторами - изменением расходов питательной воды, пара, топлива, воды на впрыск, а также перемещением регулирующих клапанов турбины. Однако, при регулировании давления перегретого пара и тепловой нагрузки, необходимо учитывать как внешние, так и внутренние возмущения, которые могут повлиять на работу парогенератора.

Внешние возмущения, например, могут быть связаны с изменением параметров окружающей среды, такими как температура или давление. Кроме того, внешние возмущения могут быть связаны с повреждением парогенератора или турбины, что может привести к изменению производительности системы.

Внутренние возмущения могут возникнуть из-за изменений в условиях внутри парогенератора и турбины, таких как различия в температуре или давлении. К примеру, изменение оптимальной температуры в парогенераторе может привести к изменению производительности системы и, следовательно, изменению давления перегретого пара.

Таким образом, при регулировании давления перегретого пара и тепловой нагрузки, необходимо учитывать возможные внешние и внутренние возмущения, что позволит более точно регулировать работу системы и избежать возможных нештатных ситуаций.

Для компенсации внутренних и внешних возмущений при автоматизации парогенераторов постоянного тока обычно используются следующие методы. Таким образом, управление расходами топлива и

питательной воды совместно с контролем температуры пара в пароперегревательном тракте являются необходимыми условиями для эффективной работы парогенератора. Это позволяет снизить вероятность отказов в работе и обеспечить стабильность процесса парогенерации [1].

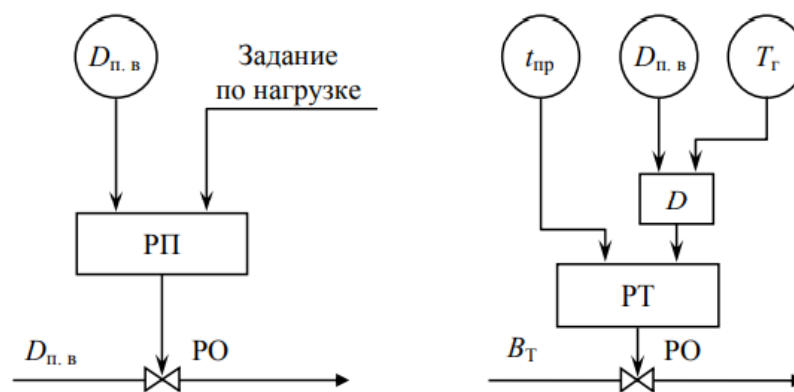
2 Разработка структуры КТС автоматизированной системы управления

Структурная схема АСР представляет собой схему, включающую звенья (элементы) АСР и связи между ними. При проектировании АСР необходимо учитывать способ регулирования технологического параметра. Способ регулирования определяется, в основном, связями между звеньев АСР и формируемым законом регулирования. При рассмотрении возможных вариантов структурной схемы АСР следует учитывать особенности технологического процесса.

Выбор структуры управления для объекта автоматизации оказывает значительное влияние на его эффективность и влияет на относительную экономию затрат на систему управления, ее надежность и способность к ремонту.

2.1 Сравнительный анализ найденных структурных схем, выбор структуры АСР

На рисунке 3 показаны варианты схем систем регулирования подачи топлива и питания для прямоточных парогенераторов, которые обеспечивают поддержание тепловой нагрузки на заданном значении.



Вариант 1

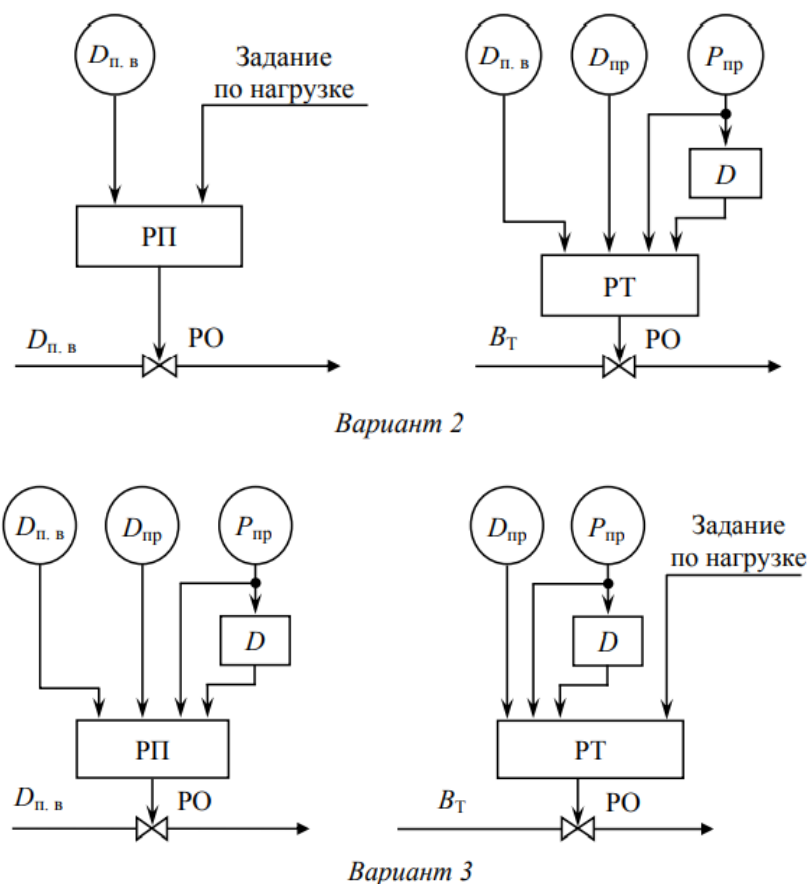


Рисунок 3 – Варианты схем систем регулирования питания и топлива для пылеугольных прямоточных парогенераторов

В паровом контуре существует два варианта регулирования температуры пара. Первый вариант предлагает регулирование напрямую на отдельных участках парового контура. Этот метод позволяет изменять расход питательной воды и топлива в соответствии с нагрузкой и быстро реагировать на возмущения в дымоходе. Второй вариант основан на использовании регулятора питания, который также управляет тепловой нагрузкой, и ведомого регулятора топлива. Для работы регулятора топлива используется импульс по расходу питательной воды в качестве сигнала задания. Отрицательная обратная связь обеспечивается импульсом "по теплу", который формируется в виде суммы сигналов по расходу пара и скорости изменения давления пара в выбранном сечении водопарового тракта. Импульс по давлению пара необходим для компенсации влияния изменения давления пара на измерение расхода пара, так как плотность пара зависит от давления.

При изменении нагрузки регулятор питательной воды и топливный регулятор работают почти одновременно для изменения подачи питательной воды и топлива в парогенератор. Топливный регулятор косвенно контролирует температуру первичного пара, поддерживая соотношение вода/тепло. Топливный регулятор является единственным способом устранения внутренних возмущений в системе топki.

В рассматриваемой системе регулирования тепловой нагрузки третьего варианта регулирование осуществляется при помощи регулятора топлива, получающего задание по нагрузке от корректирующего регулятора давления пара перед турбиной. Для обеспечения значений отрицательной обратной связи на входе регулятора топлива используется импульс "по теплу", формируемый аналогично второму варианту системы регулирования.

Регулятор питания в рассматриваемом варианте является косвенным контроллером температуры пара в промежуточном сечении водопарового тракта воды. В случае внутритопочных возмущений, регуляторы топлива и питания начинают работу одновременно, причем регулятор топлива устраняет возникшие возмущения, а регулятор питания компенсирует их действие на температуру пара. Для этого он выравнивает расход питательной воды, в соответствии с теплом в промежуточном сечении водопарового тракта. Такой подход к работе регуляторов топлива и питания при внутритопочных возмущениях обеспечивает меньшие отклонения температуры пара по сравнению со вторым вариантом регулирования.

В рамках данного исследования была выявлена еще одна особенность системы управления, касающаяся изменения нагрузки. Оказалось, что потоки топлива и питательной воды не изменяются одновременно. Вместо этого, вначале происходит изменение расхода топлива, а затем – с некоторой задержкой – изменение расхода питательной воды.

Данное явление имеет принципиальное значение, так как может повлиять на эффективность работы системы. В целях улучшения работы системы управления рекомендуется учитывать данную особенность и

проводить соответствующие корректировки. Более того, необходимо разработать методики оптимизации работы системы, учитывая не только данную особенность, но и ряд других факторов, которые влияют на ее эффективность. Таким образом, имеет смысл рассмотреть данную особенность как одну из ключевых характеристик системы управления и включить ее в модель для дальнейшего анализа и оптимизации.

Каждая система регулирования имеет свои достоинства и недостатки. Однако для лучшего контроля температуры пара выбрана 1 схема регулирования. Также первый вариант проще в наладке [1].

2.2 Описание принципа работы разработанной структурной схемы и назначения входящих в ее состав элементов

Таблица 2 – Элементы, входящие в состав структурной схемы АСР

Элемент	Условное обозначение на чертеже	Назначение
Дифференциатор	Д	повышение качества регулирования на регулятор топлива
Регулирующий орган	РО	осуществление управления входами объекта управления
Регулятор топлива	РТ	обеспечивает нагрузку парогенератора; стабилизация температуры среды в водопаровом тракте
Пусковое устройств	ПУ	принудительное вращение механизма

Продолжение таблицы 2

Исполнительный механизм	ИМ	воздействие на объект управления
----------------------------	----	----------------------------------

В рамках данного исследования была выявлена еще одна особенность системы управления, касающаяся изменения нагрузки. Оказалось, что потоки топлива и питательной воды не изменяются одновременно. Вместо этого, вначале происходит изменение расхода топлива, а затем – с некоторой задержкой – изменение расхода питательной воды.

Данное явление имеет принципиальное значение, так как может повлиять на эффективность работы системы. В целях улучшения работы системы управления рекомендуется учитывать данную особенность и проводить соответствующие корректировки. Более того, необходимо разработать методики оптимизации работы системы, учитывая не только данную особенность, но и ряд других факторов, которые влияют на ее эффективность. Таким образом, имеет смысл рассмотреть данную особенность как одну из ключевых характеристик системы управления и включить ее в модель для дальнейшего анализа и оптимизации.

Разработанная структурная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.015 С1.

3 Разработка функциональной схемы АСР

В рамках данного исследования была выявлена еще одна особенность системы управления, касающаяся изменения нагрузки. Оказалось, что потоки топлива и питательной воды не изменяются одновременно. Вместо этого, вначале происходит изменение расхода топлива, а затем – с некоторой задержкой – изменение расхода питательной воды.

Данное явление имеет принципиальное значение, так как может повлиять на эффективность работы системы. В целях улучшения работы системы управления рекомендуется учитывать данную особенность и проводить соответствующие корректировки. Более того, необходимо разработать методики оптимизации работы системы, учитывая не только данную особенность, но и ряд других факторов, которые влияют на ее эффективность. Таким образом, имеет смысл рассмотреть данную особенность как одну из ключевых характеристик системы управления и включить ее в модель для дальнейшего анализа и оптимизации [3].

Функциональная схема системы автоматического контроля и управления представляет собой соединение всех элементов управления символами с помощью функциональных линий. Данная схема позволяет автоматизировать процессы технологической схемы и обеспечивает управление процессами и состоянием оборудования.

Прежде чем начать разработку функциональной схемы, необходимо определить ряд задач, чтобы сделать план процесса разработки наиболее эффективным. В первую очередь, необходимо изучить технологическую схему объекта автоматизации и определить местоположение точек отбора информации.

Далее, следует выбрать структуру измерительных каналов и методы для получения, обработки, передачи и представления информации. Основная задача автоматического контроля и управления - контроль технологических

Для получения текущих значений регулируемого параметра в данном процессе используются измерительные преобразователи, подключенные к каналам 3 и 4. С сигналов, полученных на выходе преобразователей, формируется входной сигнал для микропроцессорного контроллера, который производит обработку данных и формирование управляющего воздействия. Сигналы усиливаются пусковым устройством и направляются на исполнительный механизм для управления расходом регулируемого параметра. Как показано на схеме 5б, управляющее воздействие подается на пусковое устройство ПУ. Такой подход позволяет обеспечить контроль и управление текущим значением расхода, что важно в многих технических процессах.

Контроль параметров осуществляется по 3 каналам: в 1 канале передается информация о значении температуры газов в поворотной камере; во 2 и 3 каналах – давление и расход свежего пара соответственно [2].

В таблице 3 представлены вопросы, касающиеся размещения технических средств автоматизации (ТСА) на технологическом оборудовании, трубопроводах, по месту и на щитах. Для отображения функциональных признаков и измеряемых параметров были приняты соответствующие обозначения на функциональной схеме (см. таблицы 3,4).

Таблица 3 – Условные обозначения функциональных признаков

Обозначение	Функциональный признак	Назначение
Е	Чувствительный элемент	Первичное преобразование
У	Преобразование, вычислительные функции	Для построения обозначений измерительных преобразователей и вычислительных устройств

Таблица 4 – Условные обозначения измеряемых параметров

Обозначение	Основное значение
F	Расход
P	Давление, вакуум
T	Температура

Верхняя часть чертежа функциональной схемы состоит из участков трубопроводов по свежему пару и питательной воды. Технологические объекты выполнены в виде условных графических изображений.

В верхней части чертежа в области технологического оборудования показано размещение первичного преобразователя температуры (термоэлектрические преобразователи), давления, сужающие устройства, расходомера переменного перепада давления, регулирующей орган и исполнительный механизм.

В нижней части чертежа условно прямоугольниками показаны приборы по месту, щит автоматизации, микропроцессорный контроллер, АРМ оператора.

Унифицированный токовый сигнал от первичного преобразователя температуры (1а) передается на модуль аналоговых входных сигналов контроллера. На этот же модуль поступают сигналы по давлению (канал 2) и расходу свежего пара и питательной воды (каналы 3 и 4). Сигналы по расходу формируются с помощью преобразователей разности давлений (3б, 4б), в состав которого входят сужающие устройства (сопло 3а и диафрагма 4а) и блоки питания с корнеизвлекающей характеристикой (3в и 4в).

При появлении сигнала рассогласования контроллер вырабатывает управляющее воздействие, которое усиливается с помощью пускателя (5а) и передается на ИМ (5б), непосредственно управляющий регулирующим органом.

Обратная связь осуществляется с помощью указателя положения (канал 6).

Разработанная функциональная схема автоматизированной системы представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.015 С2.

4 Выбор приборов и средств автоматизации

4.1 Выбор измерительных преобразователей температуры

В настоящее время термопреобразователи являются неотъемлемой частью многих технологических процессов. Однако выбор определенного типа термопреобразователя может зависеть от диапазона измерений и необходимой точности. Для измерения температур в диапазоне от -50 до +200 °С обычно используют медные термопреобразователи сопротивления. Однако, для более высоких температур, рекомендуется использовать платиновые термопреобразователи сопротивления различных градуировок, которые могут измерять температуры в диапазоне от -50 до +500 °С и обеспечивают повышенную точность.

Исключением являются случаи, когда использование термоэлектрических преобразователей более предпочтительно. В этом случае хромель-копелевые (НСХ - L(XК)) и хромель-алюмелевые (НСХ - К(ХА)) термоэлектрические преобразователи могут использоваться для измерения температуры. Несмотря на то, что термоэлектрические преобразователи имеют меньшую точность, они обладают свойством самокалибровки, что позволяет их использовать в более широком диапазоне температурных условий. [4].

Диапазон измерений варьируется в пределах +520...+565 °С, поэтому выбраны термоэлектрические преобразователи с (НСХ – К(ХА)). Расчет монтажной длины для термоэлектрического преобразователя:

$$L = h + S + 0,5D = 50 + 45 + 0,5 \cdot 245 = 217,5 \text{ мм, где}$$

L – монтажная длина термопреобразователя.

h – высота бобышки, h = 50 мм;

S – толщина стенки трубопровода, S = 45 мм;

D – внутренний диаметр трубопровода, D = 245 мм.

Для получения точных результатов при использовании термопреобразователей необходимо учитывать не только их характеристики,

но и правильно выбирать монтажную длину. Согласно стандартной серии значений, монтажную длину можно выбирать из ряда

120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 мм.

В данном случае, была принята монтажная длина $L = 250$ мм.

Однако, важным аспектом является также погружение рабочего конца ТЭП в измеряемую среду на определенную глубину. Эта глубина должна равняться не менее 70% от длины термопреобразователя. Только в этом случае можно рассчитывать на достоверный результат.

Таким образом, осуществлен выбор термоэлектрического преобразователя по заданным характеристикам (см. таблицу 6).

Таблица 6 – Технические характеристики термоэлектрического преобразователя

Тип	Класс до-пуска	НСХ	Пределы измерений, °С		Условное давление, МПа	Материал защитной арматуры	Длина монтажной части, мм	Область применения	Завод изготовитель
			верхний	нижний					
Метран - 2700-А01	2	К, N	-40	1000	6,3	12Х18Н10Т	250	газообразные и жидкие среды	ПГ «Метран», г. Челябинск

4.2 Выбор защитной гильзы

В трубопроводах теплоэнергетических объектов давление часто превышает значение, на которое рассчитаны защитные чехлы первичных измерительных преобразователей температуры, которые не должно превышать 6,4 МПа. С целью обеспечения надежной и безопасной работы первичных

измерительных преобразователей температуры необходимо устанавливать их в специальные защитные гильзы.

Защитные гильзы должны быть рассчитаны на условные давления, не менее $P = 25$ МПа. При выборе защитных гильз необходимо учитывать не только условные давления, но и другие факторы, такие как: температура окружающей среды, требования к материалу, возможные механические повреждения гильз и многие другие.

Правильный выбор и установка защитных гильз являются важным фактором для обеспечения точности и надежности измерительных преобразователей температуры в условиях высоких давлений в трубопроводах теплоэнергетических объектов. От этого зависит эффективность работы этих объектов и безопасность персонала, работающего с ними. По параметрам ТЭП, в том числе монтажной длине $L = 250$ мм, условному давлению 25 МПа выбрана защитная гильза (см. таблицу 7) [5].

Таблица 7 – Технические характеристики защитной гильзы

Обозначение защитной гильзы	Исполнение	D , мм	d , мм	$d_1 \times s$, мм	L , мм	Условное давление, МПа
2001-04	A01	M33×2	M20×1,5	20 × 2,5	250	25

4.3 Выбор преобразователя давления

Компонент, осуществляющий преобразование давления, имеет возможность использования в системах, предназначенных для автоматизации управления, регулирования и контроля технологических процессов. Его главная функциональность заключается в создании непрерывного сигнала, который представляет значения измеряемых параметров в стандартном токовом выходном формате (в зависимости от выбора типа системы и

требований к применению: например, при использовании автоматических систем регулирования проточных парогенераторов выходной сигнал может быть стандартным сигналом 4...20мА). Данный сигнал создается для того, чтобы обеспечить дистанционную передачу результатов измерения в другие системы и устройства управления.

Для этой цели выбран преобразователь давления серии Метран – 150TGR – ДИ, предназначенный для преобразования давления рабочих сред: жидкостей, газа.

Соответственно выбран преобразователь избыточного давления, (-101,3) ...27579 кПа (по давлению свежего пара 25 МПа), аналоговый, с пределом допускаемой основной приведенной погрешностью $\pm 0,075\%$, с выходным сигналом 4...20мА производства ПГ «Метран», г. Челябинск [6].

4.4 Выбор сужающего устройства (сопла)

В технических системах, предназначенных для измерения давления потока среды, широко используются стандартные сужающие устройства, такие как диафрагмы, сопла и трубы Вентури. Они могут быть установлены на трубопроводах диаметром от 50 до 1000 мм при избыточном давлении, которое не превышает 40 МПа. Однако в случае, если избыточное давление превышает 10 МПа, то для более эффективной работы системы предпочтительнее использовать сопла. В нашем случае избыточное давление измеряемой среды составляет 25 МПа, что выше порогового значения 10 МПа. Поэтому было решено использовать сварное сопло для обеспечения надежной и точной работы технической системы.

По таблице 8 определено условное давление $P_y = 40 \text{ МПа} = 400 \text{ кгс/см}^2$ по рабочему давлению $P_{\text{раб}} = 25 \text{ МПа}$

Таблица 8 – Соотношения между рабочим и условным давлениями

Условное давление P_{y_2} , МПа (кгс/см ²)	Рабочее (избыточное) давление $P_{\text{раб}}$, МПа									
	1,6 (16)	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,64
2,5 (25)	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,25	1,1	1,0	0,9
4,0 (40)	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
6,4 (64)	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2
10 (100)	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6
16 (160)	18	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1	6,4	5,6
20 (200)	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0	8,0	7,1
25 (250)	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2	10	9,0
32 (320)	32	28	25	22,5	20	18	16	14	12,5	11,2
40 (400)	40	36	32	28	25	22,5	20	18	16	14
50 (500)	50	45	40	36	32	28	25	22,5	20	18
64 (640)	64	56	50	45	40	36	32	28	25	22,5
80 (800)	80	71	64	56	50	45	40	36	32	28
100 (1000)	100	90	80	71	64	56	50	45	40	36

Следовательно, выбрано СКС-400-250 – сопло камерное сварное на условное давление $P_y = 40 \text{ МПа} = 400 \text{ кгс/см}^2$ и условный диаметр $D_y = 250 \text{ мм}$ (по диаметру трубопровода $D = 245 \text{ мм}$) [7].

4.5 Выбор промежуточного преобразователя расхода

Промежуточный преобразователь расхода предназначен для преобразования перепада давления в электрический сигнал. В качестве промежуточного преобразователя расхода выбран Метран-150-CD с унифицированным токовым сигналом 4...20мА и предельным допуском значением рабочего избыточного давления 25МПа [8].

4.6 Выбор блока питания и преобразования сигналов с корнеизвлекающей характеристикой

В современной промышленности часто применяются измерительные преобразователи типа Сапфир и Метран.38, которые требуют работы в связке

с блоками питания и преобразования сигналов, таких как БПС-24. Основная функция блоков БПС-24К – это линейризация статической характеристики преобразователей перепада давлений при измерении расхода методом переменного перепада давлений. Это достигается благодаря корнеизвлекающему устройству. Допустимый предел основной погрешности блока БПС1 -24К составляет $\pm 0,25$. Таким образом, эти блоки являются важной компонентой систем измерения и контроля в различных отраслях промышленности и научных исследований.

Для использования в системе выбран блок питания с корнеизвлекающей характеристикой, напряжением питания 220 В, с климатическим исполнением ТВ 3 и выходным сигналом 4...20мА. ЗАО «Манометр», г. Москва [9].

4.7 Выбор пускателя

Электронно-механическое устройство, известное как пускатель, разработано для бесконтактного управления работой электрических исполнительных механизмов, соответствующих ГОСТ 7192-89 и оснащенных однофазным конденсаторным электродвигателем. Такое устройство способно обеспечить необходимую скорость и точность механизма, а также гарантировать безопасность работы. В результате использования данного прибора достигается эффективный контроль за процессом работы и повышение производительности производственных операций. Для АСР нагрузки необходим бесконтактный реверсивный пускатель. Пускатели выпускаются в двух модификациях: ПБР-3 и ПБР-3А.

Пускатель ПБР-3 обеспечивает пуск и реверс трехфазного синхронного электродвигателя. Пускатель ПБР-3А обеспечивает пуск и реверс, защиту трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором от

перегрузки. Выбран пускатель во второй модификации ПБР – 3А в количестве 1 шт [10].

4.8 Выбор исполнительного механизма

В регулирующих органах имеется исполнительный механизм, который отвечает за перемещение основного элемента. Данный механизм подразделяется на несколько типов в зависимости от используемого источника энергии, такие как пневматические, гидравлические и электрические. В данном случае выбран электрический исполнительный механизм.

Электрический исполнительный механизм включает в себя электропривод, который состоит из электродвигателя и редуктора для снижения скорости вращения, блок сигнализации положения и штурвал. Штурвал используется для ручного перемещения выходного вала исполнительного механизма. Блок сигнализации состоит из блока конечных выключателей и датчика положения механизма. Концевые выключатели исполнительного механизма обеспечивают отключение электродвигателя при достижении крайних положений выходного вала. Датчики положения устанавливаются в зависимости от назначения механизма, в данном случае выбран токовый датчик в диапазоне 4...20 мА.

1) Определяем максимальное значение крутящего момента по формуле:

$$M_{max}^{кр} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 250 - 338 = 1384,5 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Где $D_y = 250$ мм – условный диаметр трубопровода.

Принят ближайший стандартный крутящий момент $M_H = 1600 \text{ Н} \cdot \text{м}$, сохраняя следующее условие:

$$M_H > M_{max}^{кр};$$
$$1600 > 1384,5.$$

Следует отметить, что необходим исполнительный механизм из группы электрических ИМ – однооборотный (МЭО). Таким образом, по необходимым характеристикам осуществлен выбор ИМ с техническими характеристиками, представленными в таблице 9 [11].

Таблица 9 – Технические характеристики исполнительного механизма МЭО

Исполнительный механизм	$M_n, Н \cdot м$	$T_n, с$	$\varphi_n, об (^{\circ})$	Тип управляющего устройства
МЭО-1600-92К	1600	63	0,25	ПБР – 3А

4.9 Выбор программируемого логического контроллера

При выборе контроллеров для систем управления необходимо учитывать множество факторов, которые зависят от того, является ли система новой или это задача модернизации существующей системы. В случае модернизации большое значение имеют факторы преемственности программно-аппаратных средств, наличие документации, готовность обслуживающего персонала и службы ремонта, а также выявленные показатели надежности и наличие запасов комплектующих.

Основной целью при выборе контроллера для систем управления является полное выполнение технических требований, которые могут быть информационными, управляющими, вспомогательными, техническими, программными, измерительными и организационными. Контроллер должен удовлетворять всем этим требованиям в части поддержки, диагностики и обслуживания системы, чтобы гарантировать работу системы без сбоев и отказов. Поэтому выбор контроллера должен быть основан на научных исследованиях и анализе всех возможных вариантов, чтобы обеспечить максимально эффективное и безотказное функционирование системы управления.

В работе необходим использовать моноблочный контроллер с наличием дискретных входов/выходов на борту.

Требуемым характеристикам отвечает моноблочный контроллер фирмы «ОВЕН» ПЛК – 160. Его функциональная схема приведена на рисунке 5, технические характеристики приведены в таблице 10 [12].

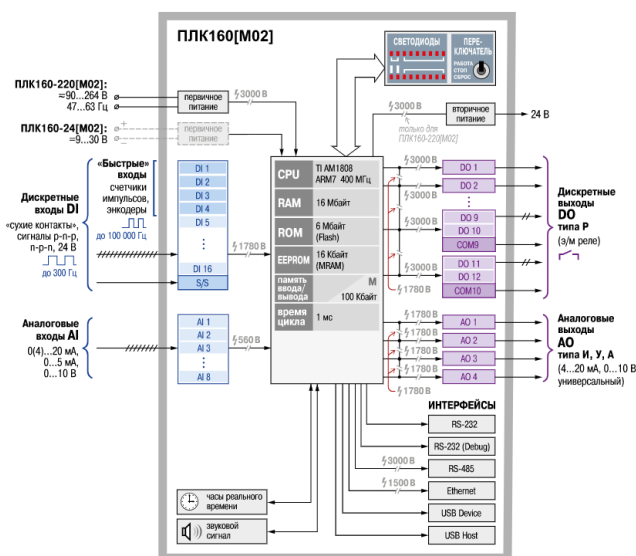


Рисунок 5 – Функциональная схема ПЛК-160

Таблица 10 – Технические характеристики ПЛК-160

Габаритные размеры, не более	(20x110x83)
Масса, не более	1,2 кг
Степень защиты корпуса по ГОСТ-14254-96	IP20 – со стороны передней панели IP00 – со стороны клемм
Индикация на передней панели	Светодиодная
Средняя наработка на отказ	60 000 ч
Средняя срок службы	8 лет
Интерфейсы связи:	RS-485, RS-232, RS-232 Debug, Ethernet 100 Base-T, USB-Device, USB - Host

Продолжение таблицы 10

Максимальный ток питания подключаемых устройств	До 250 мА (RS-232, RS-232 Debug), До 150 мА (USB - Host)
---	---

Контроллер имеет:

- 8 аналоговых входов;
- 4 аналоговых выходов;
- 16 дискретных входов, 4 из них быстродействующие;
- 12 дискретных выходов.

Выбранные технические средства, необходимые для реализации проектируемой системы, приведены в заказной спецификации, представленной на ФЮРА.421000.015. СО1 в количестве 2 листов.

5 Составление перечней входных и выходных сигналов

При описании системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) необходимо учитывать перечень входных и выходных сигналов, представляющий собой фундаментальный документ. Без этого перечня невозможно оценить объем системы и определить состав объектов управления, а также создать конструкторскую документацию. В таблице ввода-вывода содержится обширная информация о составе входящих сигналов, включая диапазон измерений, пороговые границы, типы приборов, типы защит и другие характеристики. Данные характеристики могут повлиять на работу системы и обеспечение ее эффективности. Перечень входных и выходных сигналов представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень входных и выходных сигналов

Тип сигнала	Наименование сигнала
Входной сигнал	
Аналоговый	Измерение Расход подачи пара
	Измерение Расход отвода воды
	Измерение Давление после РВ2
	Измерение Температура после РВ1
Дискретный Тип сигнала	Сигнализация Давление после РВ2
	Сигнализация Температура после РВ1
	Наименование сигнала

Продолжение таблицы 11

Выходной сигнал	
Аналоговый	Регулирование Расход подачи пара
	Регулирование Расход отвода воды
	Регулирование Давление после РВ2
	Регулирование Температура после РВ1
	Драйвер сервопривода (подключается к контроллеру с помощью интерфейса RS485)

6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Для определения потребляемой мощности рассчитаем общую мощность установки. Мощность рассчитывается как сумма нагрузки датчиков, модулей контроллера, вентилятора, лампочки:

$$\begin{aligned}\sum N_{\text{сумм}} &= \sum N_{\text{датч}} + \sum N_{\text{контроллер}} + N_{\text{вент}} + N_L \\ &= (1 + 1 + 1 + 5) + 45 + 5,5 + 10 = 63,5 \text{ Вт.}\end{aligned}$$

После расчета нагрузки электрической установки необходимо выбрать источник питания. Так как нагрузка получилась 63,5 Вт, выбран источник бесперебойного питания мощностью 120 Вт. Характеристики выбранного блока приведены в таблице 12 [13].

Таблица 12 - Характеристики блока питания

Характеристики	Блок питания – БП120Б-Д9-24С
Мощность, Вт.	120
Защита от короткого замыкания и перегрузки	Да
Рабочая температура	-40...+70°C

Автоматический выключатель предназначен для защиты электрической цепи от перегрузки и токов короткого замыкания. Характеристики автоматического выключателя приведены в таблице 13 [14].

Таблица 13 – Характеристики автоматического выключателя

Характеристики	16052DEK
Способ монтажа	DIN-рейка
Степень защиты	IP20

Продолжение таблицы 13

Номинальный ток, А	16
--------------------	----

Каждая электрическая установка должна оснащаться защитой от перенапряжения. Для ограничения переходных перенапряжений и отвода импульсов тока на землю, снижения амплитуды перенапряжения до уровня, безопасного для электрических установок и оборудования, выбран PHOENIX CONTACT PLT-SEC-T3-230-FM-UT. Характеристики данного оборудования приведены в таблице 14 [15].

Таблица 14 – Характеристики защиты от перенапряжения

Характеристики	PHOENIX CONTACT PLT-SEC-T3-230-FM-UT
Способ монтажа	Монтажная рейка 35 мм.
Степень загрязнения	2
Сообщение, неисправность устройства для защиты от импульсных перенапряжений	Световая, контакт для дистанционной передачи сигнала

Для включения и выключения освещения в шкафу автоматизации, необходим концевой выключатель. Принцип работы концевых выключателей такой же, как и у обычных, с тем отличием, что сам процесс автоматизирован. Это устройство помогает избежать ручного переключения клавиши выключения там, где это особенно сложно и опасно. Характеристики выбранного устройства приведены в таблице 15 [16].

Таблица 15 – Характеристики концевого выключателя

Характеристики	Rittal SZ600мм
Степень защиты	IP40

Продолжение таблицы 15

Размер, мм.	600
-------------	-----

Для подключения устройств к электрической сети выберем розетку DEKraft RM-102. Характеристики данной розетки приведены в таблице 16 [17].

Таблица 16 – Характеристики розетки

Характеристики	DEKraft RM-102
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+50
Номинальный ток, А	16

Для обеспечения щита автоматизации источником света, выбрана лампа Schneider Electric NSYLAMLD. Характеристики выбранного источника питания приведены в таблице 17 [18].

Таблица 17 – Характеристики лампы

Характеристики	Schneider Electric NSYLAMLD
Номинальная мощность, Вт.	10
Световой поток, лм.	640
Срок службы, час.	25000

Для защиты от перегрева щита автоматизации необходимо установить вентилятор, принцип работы которого основывается на положении реле. Таким образом, при повышении температуры в щите автоматизации выше уставки, 30°С, срабатывает термореле, пуская питание на вентилятор для его вращения. После получения необходимого значения термореле размыкается, тем самым, останавливая вентилятор. Также при понижении температуры в щите

автоматизации ниже уставки, 5°C, срабатывает термореле. Выберем Rittal 3238.124, 20 м³/ч, характеристики которого приведены в таблице 18 [19].

Таблица 18 – Характеристики вентилятора

Характеристики	Rittal 3238.124
Степень защиты	IP54
Расход воздуха, м ³ /ч	20
Номинальная мощность, Вт.	5,5

Для работы вентилятора выбрано термореле 1NO МТК-СТО, характеристики которого приведены в таблице 19 [20].

Таблица 19 – Характеристики термостата

Характеристики	1NO МТК-СТО
Пусковой ток, А.	16
Способ монтажа	DIN-рейка 35 мм.
Количество срабатываний реле	менее 100 000

В ходе разработки электрической схемы использовались обозначения, приведенные в таблице 20.

Таблица 20 – Условные обозначения

Обозначения	Расшифровка
EL1	Прибор осветительный Schneider Electric NSYLAMLD
G1	Источник бесперебойного питания БП120Б-Д9-24С
KK1	Термостат 1NO МТК-СТО

Продолжение таблицы 20

SQ	Выключатель двери концевой Rittal SZ600мм
XS1	Розетка модульная DEKraft RM- 102
Z01	Устройство защиты от перенапряжений
M	Фильтрующий вентилятор Rittal 3238.124, 20 м3//ч
QF1, QF1, QF3	Выключатель автоматический двухполюсный

7 Составление перечня элементов щита управления

В современных технических и инженерных разработках применяются специальные условно-буквенные обозначения для однозначной записи сведений об элементах и устройствах в сокращенной форме. Данные обозначения определяются в соответствии с Едиными системными конструкторскими документацией ГОСТ 2.710-81 [21]. При этом прописные буквы и цифры латинского алфавита присваиваются элементам схемы на основе их назначения.

Для того чтобы составить полный перечень элементов, необходимо определить их обозначения в соответствии с принятыми условиями. Полный перечень элементов может быть представлен на отдельном листе с указанием соответствующего шифра. Для примера, перечень элементов может быть представлен на листе ФЮРА.421000.0111 5 ПЭ.78.

Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа. Перечень элементов оформляют в виде таблицы по ГОСТ 2.701-2008 [21]. Если перечень элементов помещают на первом листе схемы, то его располагают, как правило, над основной надписью. Для электронных документов перечень элементов оформляют отдельным документом.

Каждый элемент разделен на группы в алфавитном порядке, причем алфавитная позиция указывается первой. В пределах одной алфавитной группы элементы располагаются в порядке возрастания. Для облегчения внесения изменений между группами или между элементами могут быть оставлены пустые строки, если в группе много элементов.

Перечень элементов приведен на чертежах с шифром ФЮРА.421000.015 ПЭ4 в количестве 2 листов.

8 Разработка схемы соединений внешних проводок АСР

В технологическом процессе используется комбинированная схема соединений внешних проводок, на которой отображаются трубные и электрические связи между приборами и средствами автоматизации. Эта схема также включает в себя данные о подключении изделия, входные и выходные элементы, а также подведенные к ним концы проводов и кабелей внешнего монтажа. Схема соединений внешних проводок представлена как на щитах, так и вне их. На ее основе осуществляется подключение проводов к приборам и щитам. Важно отметить, что схема должна содержать все необходимые данные, связанные с процессом подключения. Схема внешних проводок должна быть подготовлена в виде отдельного документа только в случае отдельно стоящих многоступенчатых или составных щитов, многочисленных распределительных коробок и стоек группового оборудования, если соединения к ним затрудняют просмотр схемы проводок.

При проектировании схемы систем автоматизации необходимо учитывать наличие первичных приборов, щитов, пультов, штативов, групповых установок приборов, внешних электрических и трубных проводок, защитного зануления и технических указаний. Кроме того, следует составить перечень элементов, входящих в схему.

Важной задачей является выбор проводов и кабелей, а также способа выполнения электропроводки. Для этого необходимо руководствоваться материалом РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки» [22].

Кабели выбираются по количеству жил и размеру сечения. В схеме соединений внешних проводок использовались два вида кабеля.

Кабель КВВГ – контрольный кабель, с медной жилой, изоляцией ПВХ, оболочкой из ПВХ. Кабели предназначены для прокладки в кабельных туннелях, каналах и внутри помещений. Они рассчитаны на постоянное напряжение до 1000 В, максимальное переменное напряжение до 660 В и

частоту в 50 Гц. Одним из наиболее значимых свойств кабелей является их повышенный уровень пожарной безопасности. Они также уязвимы к механическим нагрузкам, что необходимо учитывать при их использовании [23].

Для щита силового управления выбран кабель ВВГнг-FRLS. Это силовой огнестойкий кабель:

- используется для передачи и распределения электрического тока от источника к стационарным промышленным установкам.
- подходит для систем пожаротушения и безопасности.
- широко применяется в местах массового скопления людей.
- в случае возгорания не выделяет дыма и газа.
- помогает повысить уровень безопасности и минимизировать потери после аварии [24].

На монтажной схеме для каждого кабеля прописано число жил, сечение кабеля и длина. Также около некоторых кабелей указано число задействованных жил.

К нижним уровням автоматизации относятся средства автоматизации, которые устанавливаются непосредственно в технологическое оборудование. Это датчики и исполнительные механизмы. На схеме подключения внешних проводов показано подключение следующих технических устройств на нижнем уровне: два датчика расхода (позиции 3а и 4а), датчик давления (2а) и датчик температуры (1а).

В верхней части первого листа представлена таблица с позициями и назначениями датчиков. Провода, заводящиеся в клеммную коробку, объединены в кабели марки КВВГ различной длины и количеством жил. Датчики по расходу имеют четырехпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Все провода датчика по расходу заводятся в клеммную коробку КС-10 [25]. Затем общий кабель направляют в щит автоматизации. Датчик давления имеет двухпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Кабель от датчика давления заводится в клеммную

коробку КС-10. Затем общий кабель направляют в щит автоматизации. Датчик температуры имеет двухпроводное подключение, которое объединяют в один кабель. Кабель от датчика расхода заводится в клеммную коробку КС-10. Клеммная коробка КС-10 имеет 10 клемм, 8 из которых рабочие и 2 – резервные. В качестве сальников были выбраны пластмассовые и резиновые сальники различного диаметра.

Общий кабель направляют в щит автоматизации. Общий провод, состоящий из 10 жил (2 жилы резервные), объединяет все четыре датчика имеет маркировку КВВГ 10х1. Щит автоматизации соединен кабелем с силовым щитом. Со щита автоматизации в силовой щит направлен кабель наименованием ВВГ-Пнг(А)-LS. В свою очередь, щит автоматизации соединен кабелем с силовым щитом (осуществляется питание, условное обозначение соединения «0»), а также с исполнительным механизмом МЭО – 1600 (условное обозначение соединения «7») и пускателем ПБР – 3А (условное обозначение соединения «8»).

Пускатель помимо связи со щитом автоматизации, имеет связь с исполнительным механизмом (передача сигнала рассогласования, условное обозначение соединения «6») и силовым щитом (питание, условное обозначение соединения «5»).

Разработанная монтажная схема АСР нагрузки прямоточного парогенератора представлена на чертеже с шифром ФЮРА.421000.015 С4.

9 Разработка общего вида щита управления

9.1 Выбор шкафа для размещения оборудования

Шкафы предназначены для размещения приборов, автоматики, систем отопления и вентиляции и вспомогательного оборудования. Шкафы имеют сварную конструкцию из углеродистой стали и полимерное покрытие. Передняя часть шкафа имеет открывающуюся дверь с прозрачным окном.

Выбран компактный распределительный шкаф Rittal AE 1280.500, так как этот шкаф предназначен для размещения оборудования небольших АСР. Характеристики шкафа приведены в таблице 21 [26].

Таблица 21 – Характеристики шкафа Rittal AE 1280.500

Характеристики	Rittal AE 1280.500
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	66
Размер, мм	
Ширина:	800
Высота:	1200
Глубина:	300
Вес, кг	80

9.2 Описание общего вида щита управления

В производственных условиях для размещения оборудования контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительных приборов, сигнализации, аппаратуры управления, автоматического регулирования, защиты, блокировок и линий связи между ними, используются

щиты систем автоматизации. Они устанавливаются в щитовых помещениях, таких как операторские, диспетчерские и аппаратные, и обеспечивают эффективную эксплуатацию средств автоматизации.

Для достижения этой цели необходимо составить комплект чертежей, включающий в себя технические средства автоматизации, электрические проводки и требуемые компоненты для изготовления щита.

В работе рассматриваются конструктивные особенности одиночного щита ЩШ15 М 1200x800x300, которые обеспечивают высокую степень защиты оборудования от контакта с движущимися частями. Это позволяет использовать такие щиты в операторских комнатах для установки средств автоматизации в системах управления.

В щите размещены необходимые компоненты, такие как контроллер и сборки зажимов, для осуществления оперативного контроля за ходом технологического процесса. В качестве контроллера используется моноблочный логический контроллер «Овен» ПЛК-160, расположенный на горизонтальной панели щита управления.

Чертеж одиночного щита ЩШ15 М 1200x800x300 содержит информацию о его общем виде спереди и на внутренние плоскости, а также перечень составных частей. Этот щит с задней дверью оснащен всем необходимым для размещения средств автоматизации и обеспечивает достаточное пространство для этого при размерах 1200 мм в высоту, 800 мм в ширину и 300 мм в глубину.

Правее панели находится источник бесперебойного питания. В середине расположены розетка XS1, автоматический выключатель, защита от перенапряжений, термореле, а также блоки зажимов. Правее расположен источник бесперебойного питания БП120Б-Д9-24С. Ниже расположены три преобразователя аналоговых сигналов, а также реле на 24 и 220В. В нижней части шкафа расположены блоки зажимов ХТ1.1, ХТ2.1, ХТ2.1.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.015 ВО.

10 Разработка мнемосхемы схемы проекта

Мнемосхема – это графическое представление системы, процесса или устройства в виде блок-схемы, показывающей все ее компоненты и взаимодействия. Она используется для упрощения представления сложных процессов или систем, а также для обеспечения их контроля, диагностики и управления. Мнемосхемы помогают управляющему персоналу эффективно контролировать работу всей производственной линии, поскольку они отображают параметры системы в четкой и понятной форме.

В данной работе разработана мнемосхема АСР нагрузки прямоточного парогенератора. Она представлена на рисунке 7. Мнемосхема сделана в программном обеспечении MasterScada 4D. В верхней части мнемосхемы представлено один канал подачи питательной воды и преобразование в свежий пар. В нижней части представлена подача топлива и отведение к воздухоподогревателю. Слева в нижней части представлены кнопки открытия и закрытия задвижки топлива (газа).



Рисунок 6 – Окно разработки мнемосхемы АСР нагрузки

Код программы записан на двух языках ST и FBD. Код программы FBD представлен на рисунке 7. На мнемосхеме изображено 2 генератора импульсов для сигналов параметров: температура в поворотной камере, давление свежего пара. Каждый генератор задает диапазон значений параметра. Также представлен один RS – триггер для управления задвижкой. С помощью кнопок происходит управление сигналами на открытие и закрытие задвижки.

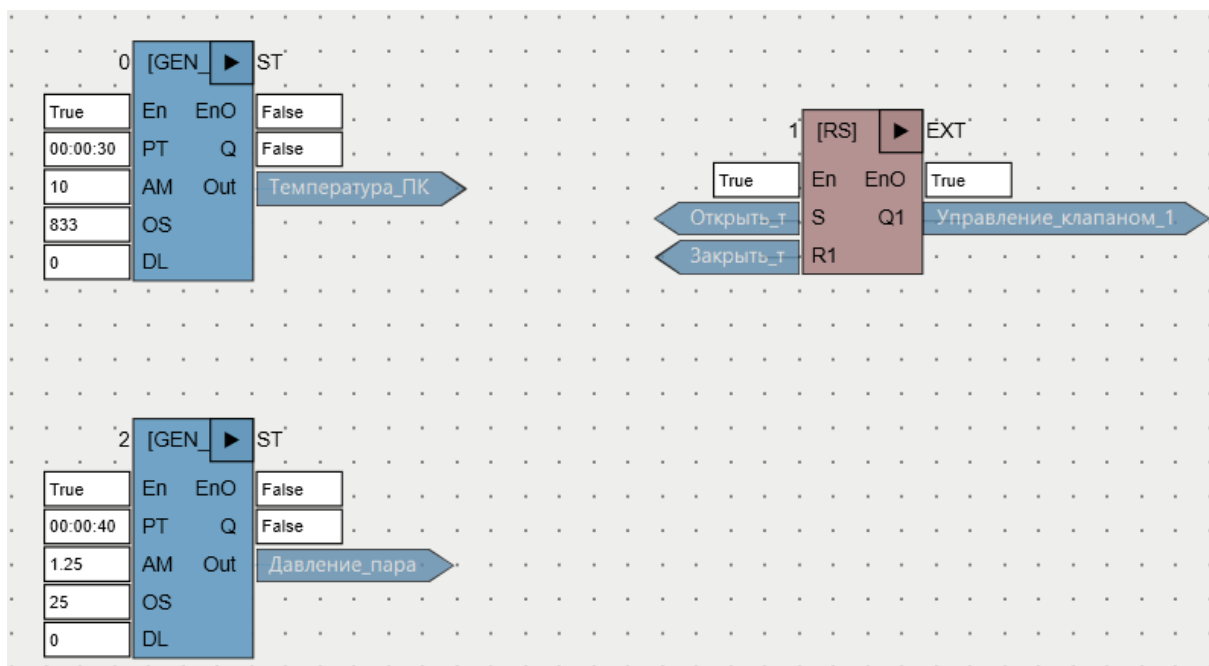


Рисунок 7 – Код программы FBD

На рисунках 8,9 представлен код программы ST. Строки 1–44 демонстрируют зависимость изменения давления от положения задвижки с течением времени.

```

1
2 IF Температура_ПК > 0 THEN
3 Температура_ПК:= 0.9 * Температура_ПК + 79.19;
4 END_IF;
5
6 IF Давление_пара > 0 THEN
7 Расход_ПВ:= 0.0816 * Давление_пара + 0.5;
8 END_IF;
9
10 IF ( Управление_клапаном_1 = FALSE ) THEN
11 Давление_пара:= 25;
12 END_IF;
13
14 if ( Управление_клапаном_1 = FALSE ) THEN
15 Температура_ПК:= 0;
16 END_IF;
17
18 IF Температура_ПК = 0 THEN
19 Температура_ПК:= 0;
20 END_IF;
21
22 IF Давление_пара = 0 THEN
23 Давление_пара:= 25;
24 END_IF;
25
26 IF ( Управление_клапаном_1 = FALSE ) THEN
27 Расход_ПВ:= 2.54;
28 END_IF;
29
30 IF Давление_пара = 0 THEN
31 Расход_ПВ:= 2.54;
32 END_IF;

```

Рисунок 8 – Код программы ST лист 1

```

32 END_IF;
33
34 IF Давление_пара > 0 THEN
35 Параметр_1:= 0.075 * Давление_пара + 0.5;
36 END_IF;
37
38 IF ( Управление_клапаном_1 = FALSE ) THEN
39 Параметр_1:= 2.375;
40 END_IF;
41
42 IF Давление_пара = 0 THEN
43 Параметр_1:= 2.375;
44 END_IF;
45

```

Рисунок 9 – Код программы ST лист 2

На рисунке 10 продемонстрирован пример работы мнемосхемы.

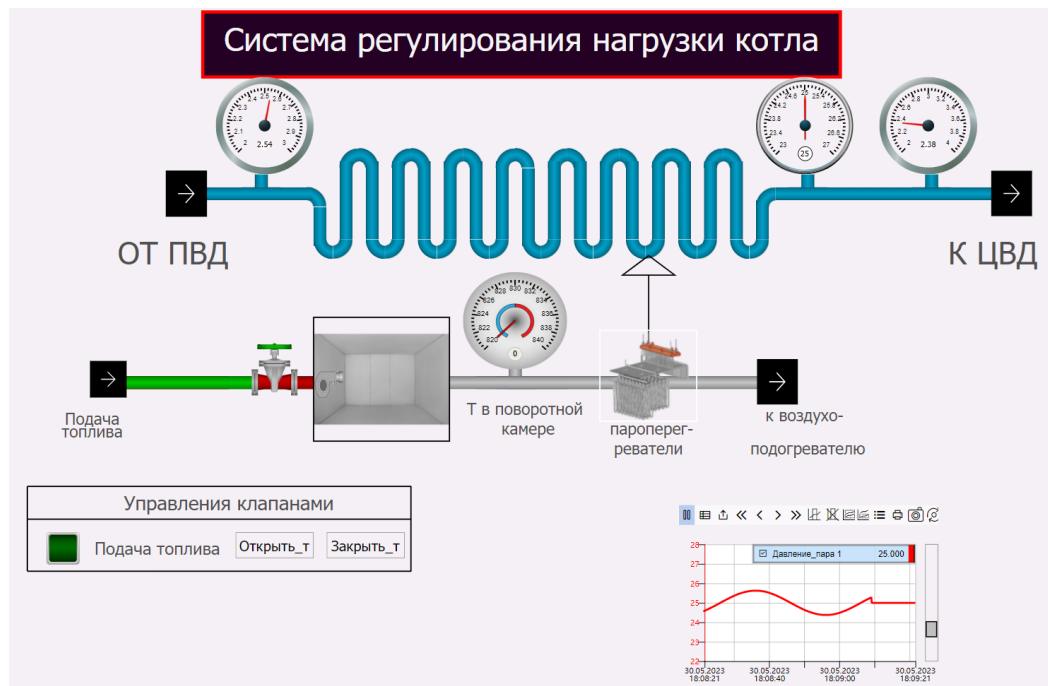


Рисунок 10 – Пример работы мнемосхемы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б93	Микулич Михаил Евгеньевич

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

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

1. Стоимость ресурсов: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ.</i>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- накладные расходы – 20%; - норма амортизации – 25%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Единый тариф страховых взносов - 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета	<i>Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Определение сметы затрат проекта.</i>
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	<i>Расчет показателей экономической эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Михаил Евгеньевич		

11 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение

Целью написания данного раздела является расчет экономической эффективности разработки автоматизированной системы технического и коммерческого учета потребляемой электроэнергии распределенным объектом.

Для выполнения данной задачи необходимо:

- 1) составить план работ и оценить время их выполнения;
- 2) составить смету затрат на проект;
- 3) составить смету затрат на оборудование и монтажные работы для реализации проекта;
- 4) определить срок окупаемости проекта.

11.1 Планирование работ и оценка времени выполнения

Для организации процесса реализации проекта необходимо планирование занятости участников в проекте, а также сроков выполнения определенных этапов работы. В таблице 22 представлены все виды выполняемых работ и время их выполнения.

Таблица 22 – Перечень работ и оценка их выполнения

Наименование работ	Количество исполнителей	Продолжительность, дней
Получение задания	Инженер	1
	Научный руководитель	1

Продолжение таблицы 22

Обзор мировых работ, связанных с регулированием нагрузки	Инженер	9
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	22
	Научный руководитель	2
Анализ подобранных материалов	Инженер	6
Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования	Инженер	15
	Научный руководитель	4
Разработка щита управления САУ	Инженер	10
Проектирование мнемосхемы	Инженер	9
Оформление пояснительной записки ВКР	Инженер	5
Проверка и утверждение выпускной квалификационной работы	Инженер	8
	Научный руководитель	1
Итого	Инженер	85
	Научный руководитель	8

По данным таблицы 22 построен график проведения работ, представленный в таблице 23.

Диаграмма Ганта – это популярный тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ по какому-либо проекту. Является одним из методов планирования проектов. Используется в приложениях по управлению проектами.

Таблица 23 – Диаграмма Ганта

Наименование работы	1	2-10	11-32	33-38	39-53	54-63	64-72	73-77	78-85
Получение задания									
Обзор мировых работ, связанных с регулированием нагрузки									
Подбор и изучение материалов по теме									
Анализ подобранных материалов									
Разработка функциональной и структурной схем, подбор оборудования									
Разработка щита управления САУ									
Проектирование мнемосхемы									
Оформление пояснительной записки ВКР									
Проверка и утверждение выпускной квалификационной работы									

11.2 Смета затрат на проект

Затраты на выполнение проекта рассчитываются в рублях по формуле:

$$K_{\text{проект}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (1.1)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату;

$K_{\text{с.о}}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

11.2.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары. Величину этих затрат принимаем 1000 руб.

11.2.2 Затраты на амортизацию

Амортизацию оборудования в классическом понимании можно назвать постепенным переносом стоимости основной части финансовой организации и ее активов нематериального значения по уровню их морального и физического износа на итоговую цену выпускаемых товаров.

Амортизация компьютерной техники рассчитывается руб./год в как:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot Ц_{\text{КТ}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (5.2)$$

где $T_{\text{исп.кт}}$ – время использования компьютерной техники;

$T_{\text{кал}}$ – каленарное время;

$Ц_{\text{КТ}}$ – цена коьмпьютерной техники;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники.

$$K_{\text{ам}} = \frac{85}{365} \cdot 40000 \cdot \frac{1}{4} = 2329 \frac{\text{руб.}}{\text{год}}$$

11.2.3 Затраты на заработную плату

Заработная плата – это вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также выплаты компенсационного и стимулирующего характера.

Затраты на заработную плату рассчитываются в рублях как:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi}, \quad (1.3)$$

где $ЗП_{инж}^{\phi}$ – фактическая заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^{\phi}$ – заработная плата научного руководителя;

Месячный оклад инженера и научного руководителя:

$$ЗП_{инж}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.4)$$

$$ЗП_{нр}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.5)$$

где $ЗП_{инж}^м$ – месячная заработная плата инженера;

$ЗП_{нр}^м$ – месячная заработная плата научного руководителя;

$ЗП_0$ – месячный оклад (инженер 17000 руб., научный руководитель 26300 руб.);

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск, равен 1,1 (10%);

K_2 – районный коэффициент, равен 1,3 (30%).

$$ЗП_{инж}^м = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.};$$

$$ЗП_{нр}^м = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Фактическая заработная плата рассчитывается в рублях:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \quad (1.6)$$

где $ЗП_{мес}$ – месячная заработная плата;

21 – среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} – фактическое число дней в проекте;

Инженер:

$$ЗП_{\text{инж}}^{\phi} = \frac{17000}{21} \cdot 85 = 68809 \text{ руб.}$$

Научный руководитель:

$$ЗП_{\text{нр}}^{\phi} = \frac{37609}{21} \cdot 8 = 14327 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{з/пл}} = 68809 + 14327 = 83136 \text{ руб.}$$

11.2.4 Затраты на социальные отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления на социальные нужды – обязательные отчисления по нормам, установленным законодательством государственного социального страхования в Фонд социального страхования РФ, Пенсионный фонд РФ, фонды обязательного медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, включаемых в себестоимость продукции (работ, услуг), по элементу «Затраты на оплату труда» (кроме тех видов оплаты, на которые страховые взносы не начисляются).

Затраты на социальные нужды принимаются как 30 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{соц/н}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,3 \quad (1.7)$$

$$K_{\text{соц/н}} = 83136 \cdot 0,3 = 24941 \text{ руб.}$$

11.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются как 10 % от суммы материальных затрат, амортизационных отчислений, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды.

$$K_{\text{пр}} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{соц/н}}) \cdot 0,1, \quad (1.8)$$

$$K_{\text{пр}} = (1000 + 2329 + 83136 + 24941) \cdot 0,1 = 11141 \text{ руб.}$$

11.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на хозяйственное обслуживание производства и управление предприятием, являющиеся дополнительными к основным затратам и наряду с ними включаемые в издержки производства. Накладные расходы принимаются в размере 20 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,2 \quad (1.9)$$

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,2 = 83136 \cdot 0,2 = 16627 \text{ руб.}$$

В таблице 24 представлена смета затрат на проект.

Таблица 24 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	2329
Затраты на заработную плату	83136
Затраты на социальные нужды	24941
Прочие затраты	11141
Накладные расходы	16627
ИТОГО:	139174

11.3 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

В таблице 25 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 25 – Затраты на оборудование

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
Микропроцессорный программируемый контроллер ПЛК ОВЕН 160	70000	1
Датчик давления Метран-150CD-ДД-3-0,075%-250кПа-40Мпа-4...20мА	64000	2
Датчик давления Метран-150TGR-ДИ-0,075%-40МПа-4...20мА	37000	1
Датчик температуры ТХА Метран-2000-АО1-250-2-1	9000	1
Блок питания БПС-24К, 2 ТВ 3, 4...20 мА	55000	2
Исполнительный механизм МЭО-1600/63-0,25У-92	58000	1
Пускатель бесконтактный ПБР-3А	4500	1
Кабель КВВГ 4х1 4м	200	1
Кабель КВВГ 2х1 4м	200	2
Кабель КВВГ 10х1 50м	10000	1
Кабель КВВГ 3х1 16м	640	1
Кабель ВВГ-Пнг (А)-LS 3х1 100м	3600	1
ИТОГО:	431340	14

Затраты на монтажные работы, транспортировку и демонтаж оборудования составляют 20 % от суммы затрат на технические средства:

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{обор}} \cdot 0,2 \quad (1.10)$$

где $K_{\text{обор}}$ – затраты на оборудование.

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{обор}} \cdot 0,2 = 431340 \cdot 0,2 = 86268 \text{ руб.}$$

Общие капитальные затраты:

$$\sum K = K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}} \quad (1.11)$$

$$\sum K = 139174 + 431340 + 86268 = 656782 \text{ руб.}$$

11.4 Расчет годовых эксплуатационных издержек

$$I_{\text{год}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{рем}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц}}, \quad (1.12)$$

где $I_{\text{ам}}$ – затраты на амортизацию; $I_{\text{рем}}$ – затраты на текущий ремонт; $I_{\text{з/пл}}$ – затраты на зарплату обслуживающего персонала; $I_{\text{соц}}$ – затраты на социальные нужды (30% от оплаты труда).

Амортизационные отчисления при сроке службы технических средств $T_{\text{сс}} = 10$ лет определяется по формуле:

$$I_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сс}}} \cdot I_{\text{обор}}, \quad (1.13)$$

$$I_{\text{ам}} = \frac{1}{10} \cdot 431340 = 43134 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт приняты в размере 10 % от затрат на амортизацию:

$$I_{\text{рем}} = 0,1 \cdot I_{\text{ам}}, \quad (1.14)$$

$$I_{\text{рем}} = 0,1 \cdot 43134 = 4313,4 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату в рублях по формуле:

$$I_{\text{з/пл}} = 3П_{\text{опер}} + 3П_{\text{инж}} + 3П_{\text{монт}}, \quad (1.15)$$

где $ЗП_{\text{опер}}$ – заработная плата оператора; $ЗП_{\text{инж}}$ – заработная плата инженера КИПиА; $ЗП_{\text{монт}}$ – заработная плата слесаря-монтажника.

Рассчитаем месячный оклад сотрудников по формуле:

$$ЗП^M = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (1.16)$$

где $ЗП$ – месячный оклад, руб; K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск (10 %); K_2 – районный коэффициент (30 %).

$$ЗП_{\text{опер}}^M = 15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 21450 \text{ руб},$$

$$ЗП_{\text{инж}}^M = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб},$$

$$ЗП_{\text{монт}}^M = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб},$$

Годовая заработная плата обслуживающего персонала будет составлять:

$$И_{з/пл} = 12 \cdot ЗП^M, \quad (1.17)$$

$$И_{\text{опер}} = 12 \cdot 21450 = 257400,$$

$$И_{\text{инж}} = 12 \cdot 42900 = 514800.$$

Работа слесаря-монтажника составляет один месяц.

Тогда, затраты на заработную плату за год будут равны:

$$И_{з/пл} = 257400 + 514800 + 42900 = 815100 \text{ руб}.$$

Отчисления на социальные нужды составляют 30 % от фонда оплаты труда:

$$И_{\text{соц}} = 0,3 \cdot И_{з/пл}, \quad (1.18)$$

$$И_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 815100 = 244530 \text{ руб}.$$

Годовые эксплуатационные расходы составляют:

$$И_{\text{год}} = 43134 + 4313,4 + 815100 + 244530 = 1\,107\,077,4 \text{ руб}.$$

11.5 Расчет экономической эффективности

За счет внедрения автоматической системы энергосбережение на предприятии составит 20-25 % от суточного потребления электроэнергии. Предел годовой экономии можно рассчитать по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}_g = 365 \cdot \Delta \mathcal{E} \cdot \tau_g, \quad (1.19)$$

где $\Delta \mathcal{E} = 3000$ кВт · ч – экономия электроэнергии;

$\tau_g = 4,39$ руб кВт · ч – тариф на электроэнергию.

$$\Delta \mathcal{E}_g = 365 \cdot 3000 \cdot 4,39 = 4\,807\,050 \text{ руб.}$$

Годовой эффект будет равен пределу годовой экономии:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 4\,807\,050 \text{ руб.}$$

Рассчитаем срок окупаемости капитальных вложений, используя формулу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{проект}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}}{\mathcal{E}_{\text{год}} - I_{\text{год}}}, \quad (1.20)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{139174 + 431340 + 86268}{4807050 - 1094841} = 0,17 \text{ года} \approx 2,1 \text{ месяца.}$$

Реализация проекта по внедрению автоматической системы регулирования температуры перегретого пара требует больших финансовых вложений на разработку проекта, приобретение оборудования и монтаж системы. При внедрении данной системы снижается нагрузка на производственное оборудование и вследствие этого повышается рабочий ресурс, также снижаются затраты на электроэнергию.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 5Б93		ФИО Микулич Михаил Евгеньевич	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<i>Автоматическая система регулирования нагрузки прямоточного парогенератора</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: Автоматическая система регулирования нагрузки прямоточного парогенератора. Область применения: Энергетика, котельные станции. Рабочая зона: Операторская. Размеры помещения: 6*8 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: персональный компьютер, программируемый логический контроллер. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль и управление характеристик нагрузки прямоточного парогенератора.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора; – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ Оборудование производственное. Общие эргономические требования; – ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя; – ГОСТ 22269-76 Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень шума; – монотонность труда, вызывающая монотонию; – длительное сосредоточенное наблюдение; – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; – производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных</p>

	факторов: специальная одежда, изоляция проводов, беруши, наушники.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	Воздействие на селитебную зону: работа парового котла не несет вреда селитебной зоне; Воздействие на литосферу: <ul style="list-style-type: none"> – загрязнение частицами отходов; Воздействие на гидросферу: <ul style="list-style-type: none"> – загрязнение сточными водами; Воздействие на атмосферу: <ul style="list-style-type: none"> – выбросы дымовых газов, содержащих в себе CO₂, NO_x, SO₂ при работе оборудования.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: <ul style="list-style-type: none"> – техногенные аварии (отказ систем безопасности; тепловой взрыв); – возгорание парового котла; – перегрузка сетей, которая ведет к сильному нагреву токоведущих элементов и возгоранию изоляции. Наиболее типичная ЧС: <ul style="list-style-type: none"> – тепловой взрыв с выбросом дымовых газов (оксидов азота, серы и углерода).

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б93	Микулич Михаил Евгеньевич		2023

12 Социальная ответственность

Введение

В выпускной квалификационной работе была спроектирована автоматическая система регулирования нагрузки прямоточного парогенератора ТПП-210. Данная система должна быть установлена в котельной и ее дальнейшее использование на практике является актуальной. Потенциальным пользователем разрабатываемого решения является энергетическая организация АО «Томская Генерация». Рабочая зона: операторская. Размеры помещения: 48 м². Наименование и количество оборудования рабочей зоны: программируемый логический контроллер «Овен» ПЛК-160 (1 шт.), персональный компьютер (1 шт.). Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: отслеживание нагрузки пароперегревателя путем контроля температуры и давления свежего пара, расхода питательной воды.

12.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

12.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно инструкции по охране труда для оператора котельной [27], сотрудник не может оставлять котел без надзора. Предприятие обязано предоставить оператору котельной индивидуальные средства защиты. Котел можно остановить только в случае аварии или по распоряжению администрации предприятия. В конце рабочего дня оператор должен сдать дежурство принимающей смене и сделать отметку в сменном журнале.

12.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Существуют общие нормативные требования по охране труда, которые должны соблюдаться всеми работодателями [28]. Кресло оператора АСУ должно быть выполнено согласно требуемых норм. Требования вынесены в ГОСТ 21889-76 «Система «Человек-машина» [29]. Основные эргономические

требования к креслу человека-оператора: кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу; кресло должно обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности; при невозможности покинуть рабочее место длительное время конструкция кресла должна обеспечивать условия для отдыха человека-оператора в кресле; кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в рациональном положении с сохранением естественных изгибов позвоночника; конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений. При расположении различного технического оборудования на рабочем месте необходимо согласовать с ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места» [30]. Рабочее помещение должно соответствовать всем нормам освещения, содержать обеденное место и быть оснащённым средствами гигиенического ухода.

12.2 Производственная безопасность

Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

Во время выполнения работ могут возникнуть опасные и вредные факторы, которые закреплены в ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [31]. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». В таблице 26 представлены основные факторы, влияющие на работу инженера.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора АСУ

Факторы	Нормативные документы
Повышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности» [32].

Продолжение таблицы 26

Монотонность труда, вызывающая монотонию	Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (приложение 16, пункт 4. Методика оценки напряженности трудового процесса) [33].
Длительное сосредоточенное наблюдение	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [34].
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [35].
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [36].
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека	ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [37].

12.2.1 Повышенный уровень шума

Источником повышенного уровня шума является исполнительный механизм МЭО-1600. Шум может вызывать головную боль, быструю утомляемость, ухудшение слуха и снижение внимания. Для уменьшения воздействия шума можно переместить оператора от источника шума, выдать наушники/беруши. Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах регламентирован документом пунктом 6 [38]. На основании этого документа составлена таблица 27.

Таблица 27 – Предельно допустимые уровни звука

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА	Мак. Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Операторская	102	90	82	77	73	70	68	66	64	75	90

12.2.2 Монотонность труда, вызывающая монотонию

Источником фактора является ограниченное число выполняемых операций по регулированию нагрузки котла за малый промежуток времени. Согласно Р 2.2.2006-05 [39], длительная повторяющаяся работа оказывает угнетающее воздействие по снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы и др. Для устранения накопленной усталости на организм человека необходимо использовать методику психической саморегуляции.

12.2.3 Длительное сосредоточенное наблюдение

Забота о здоровье глаз является важным аспектом для работников, поэтому необходимо принимать меры для защиты глаз. Зрительная гимнастика и контроль расстояния между глазами и экраном могут помочь уменьшить риск возникновения проблем со зрением. Согласно ГОСТ Р 50948-2001, это расстояние должно быть не менее 600-700 мм [40]. На рабочем месте должны быть регулируемые жалюзи и шторы, чтобы снизить яркость при естественном освещении в поле зрения работника.

12.2.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточное освещение на рабочем месте может негативно сказаться на зрении, снижении производительности. Для обеспечения нормальных

условий освещенности желательно использовать комбинированную систему освещения, включающую люминесцентные лампы, согласно постановлению 2 СанПиН 1.2.3685-21 [41]. Люминесцентные лампы имеют ряд преимуществ, таких как близость излучаемого света к дневному, повышенная светоотдача и длительный срок службы. В таблице 28 приведены основные нормативные показатели освещения помещения согласно документу [35].

Таблица 28 – Нормативные показатели освещения помещения

Помещение	Освещение рабочих поверхностей, лк		Коэффициент пульсации освещенности, % не более
	При комбинированном освещении	При общем освещении	
Операторская	750	300	10

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

Персональный компьютер может быть источником повышенного напряжения, если человек коснется открытых частей корпуса. Можно выделить такие меры защиты: заземление, зануление, отключение. Согласно ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ [36] напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 29.

Таблица 29 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	U, В	I, mA
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4

Продолжение таблицы 29

Постоянный	8,0	1,0
------------	-----	-----

12.2.6 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека

В котле и на выходе из него температура пара достигает 500 °С, что приводит к нагреву котельного агрегата и всех трубопроводов, через которые проходят пар и вода. Такие поверхности могут вызвать ожоги различной степени тяжести. Для разрабатываемой системы наиболее вероятным видом ожога является термический ожог. Общие требования по предотвращению получения ожогов описываются в [42]. Наиболее важным приоритетом при термических ожогах является контроль и остановка процесса горения. Термические ожоги можно предотвратить, надев средства индивидуальной защиты, используя тактику предотвращения пожара.

12.3 Экологическая безопасность при эксплуатации

Экологическая безопасность включает в себя не только утилизацию отходов и сокращение выбросов вредных веществ, но и внедрение экологических технологий, которые позволяют экономить ресурсы и повышать рентабельность производства. Экологическая безопасность необходима не только для защиты здоровья людей, но и для сохранения природных ресурсов и биоразнообразия. В таблице 30 представлены источники неблагоприятного воздействия и соответствующие природоохранные мероприятия.

Таблица 30 – Источники неблагоприятного воздействия и соответствующие природоохранные мероприятия

Элемент окружающей природной среды	Источник загрязнения	Соответствующее природоохранное мероприятие
Литосфера	Сжигание топлива	Комплексная переработка материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов
Гидросфера	Повышенное использование питательной воды на впрыск	Регулирование расхода впрыска воды в зависимости от температуры
	Химическое загрязнение водостоков	Установка сооружения для очистки сточных вод
Атмосфера	Выбросы в атмосферу, вследствие сгорания топлива (увеличение концентрации NO_x)	<ul style="list-style-type: none"> – Применение альтернативных видов топлива; – Установка сооружений для очистки дымовых газов; – Регулирование температуры в топке котла; – Контроль расхода воздуха в топку котла; – Улавливание сернистых соединений.

Анализ влияния производственного процесса на окружающую среду

12.3.1 Воздействие на литосферу

После сжигания метана образуется двуокись углерода и водяной пар, Для снижения возможного риска загрязнения почвы NO_2 необходимо использовать емкости для сбора и последующей утилизации. В таблице 31 приведена предельно допустимая концентрация NO_2 на основании п.14 [34].

Таблица 31 – Предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве

№ п/п	Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
		Концентрация, предотвращающая раздражающее действие		
3.	Азота диоксид	0,2	рефл.-рез.	3

12.3.2 Воздействие на гидросферу

Котлы используют воду из близлежащих водоемов для нагрева топлива. Перед тем как сбросить воду обратно в водоем происходит охлаждение и очищение вредных веществ, таких как карбонат кальция, гидроксид магния, грубодисперсные вещества, соединения железа (Fe) и алюминия (Al). В [43] приложении N5 прописаны максимальные допустимые значения и концентрации (МДК) загрязняющих веществ в сточных водах. Например, для соединений Fe и Al МДК составляет 5 мг/дм³. Для очистки сточных вод применяют механическую очистку, физико-химическую очистку, химическую очистку и биохимическую очистку.

12.3.3 Воздействие на атмосферу

Некоторые источники тепла могут быть опасны для здоровья людей и окружающей среды, если они не имеют систем очистки дымовых газов, которые могут содержать вредные вещества, такие как CO₂, NO_x, SO₂. Выбросы этих веществ в атмосферу могут негативно влиять на здоровье людей, вызывая различные заболевания дыхательной системы, а также на окружающую среду, приводя к изменению климата и разрушению экосистем. Поэтому важно снижать объемы выбросов и использовать более экологичные источники энергии. Также выбросы могут оказывать воздействие на окружающую среду, вызывая загрязнение воздуха, уничтожение

растительности, загрязнение водостоков, сточных вод и почвы. В таблице 32 приведены предельно допустимая концентрация каждого вещества (вредного выброса), согласно ГОСТ Р55173- 2012 [44].

Таблица 32 – Состав и предельно допустимая концентрация вредных выбросов

Наименование показателя	ПДК, мг/м ³
NO _x	300
SO ₂	1200
CO ₂	375

12.3.4 Мероприятия по защите окружающей среды

Для уменьшения выбросов в атмосферу необходимо контролировать расход воздуха в топке котла, чтобы избежать недожога, который приводит к увеличению количества золы. Избыток воздуха приводит к образованию оксидов азота. Для повышения экологической эффективности можно применять различные меры, такие как: природоохранные мероприятия, экологический мониторинг, энергосбережение и использование новых научных разработок.

12.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это катастрофическая ситуация, которая может привести к угрозе жизни людей, повреждению здоровья или окружающей среде, а также к значительным материальным потерям и нарушению условий жизнедеятельности людей. В России ЧС регулируются Федеральным законом «О чрезвычайной ситуации и обеспечении пожарной безопасности» [45].

12.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Опасными местами считаются помещения топочной камеры и трубные магистрали, а возможными причинами пожара могут быть перегрузка сетей, несоблюдение техники безопасности и самовозгорание (взрыв). Поэтому необходимо контролировать состояние штабелей, и, если есть признаки самовозгорания, топливо нужно перенести в бункер без источников огня. Согласно ГОСТ 12.1.004-91 [46] необходимо оборудовать помещение огнетушителями, ящиками с песком и стендом с противопожарным инвентарем, к тому же, средствами связи.

12.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» определен класс пожара – С, так как топливом является газ метан. Необходимое количество и типы огнетушителей определены согласно суммарной площади помещения (приведены в таблице 33).

Таблица 33 – Нормы оснащения помещения огнетушителями

Класс пожара	Огнетушители			
	Пенные и водные	Порошковые	Хладоновые	Углекислотные
С	-	3	-	-

12.5 Выводы по разделу

В данном разделе выполнен анализ вредных и опасных факторов на производстве, описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению, а также отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Помещение по электробезопасности, согласно ПУЭ, относится к категории 1 по электробезопасности [47]. Согласно [48] анализ показал, что оператор АСР должен иметь III группу по электробезопасности. Тяжесть труда, согласно СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» относится к категории 1б.

По степени пожароопасности помещение относится к категории «В4» СП 12.13130.2009 [49]. Следовательно, существует необходимость тщательного подбора персонала, хорошо знающего оборудование и правила мер безопасности.

Согласно [50], данный объект относится к объектам II категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Заключение

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается автоматическая система регулирования нагрузки прямоточного парогенератора ТПП-210 на базе программируемого логического контроллера. Для создания данной системы были разработаны функциональная, принципиально электрическая и монтажная схемы, а также произведен выбор необходимого оборудования и разработана заказная спецификация. Для определения параметров объекта управления и оптимальных настроек регулятора были проведены экспериментальные исследования с учетом значений этих параметров.

Кроме того, была создана мнемосхема, обеспечивающая возможность управления технологическим процессом. Разработанная система регулирования нагрузки имеет высокий спрос и использование современных средств автоматизации и микропроцессорной техники. Результаты данной работы могут быть использованы в различных промышленных секторах и на предприятиях, связанных с производством пара с высокими требованиями к техническим характеристикам и автоматизации процессов перегрева.

Список используемых источников

- 1 Андык, В.С Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС / В.С Андык – Томск: Издательство Томского Политехнического университета, 2016. – 182 с.
- 2 Волошенко, А.В Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач / А.В Волошенко, В.В Медведев, И.П Озерова. – Томск: Издательство Томского Политехнического Университета, 2011. – 13-20 с.
- 3 Волошенко, А.В Проектирование автоматических систем контроля и регулирования / А.В Волошенко, Д.Б Горбунов – Томск : Издательство Томского Политехнического университета, 2011. – 28 с.
- 4 Термоэлектрические преобразователи Метран. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metran.ru/catalog/datchiki_temperature/metran-2700/ свободный. – Загл. с экрана.
- 5 Волошенко, А.В Проектирование автоматических систем контроля и регулирования / А.В Волошенко, Д.Б Горбунов – Томск : Издательство Томского Политехнического университета, 2011. – 49 с.
- 6 Узлы и детали к датчикам температуры Метран. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mtn.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2018/11/armatura.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
- 7 Преобразователь давления измерительный 2088 Метран. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount_2088/Catalog_2088_2019.pdf свободный. – Загл. с экрана.

- 8 Преобразователь давления измерительный 3051 Метран. Каталог продукции 2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://new.metr-k.ru/files/products/rosemount/rosemount-3051/Catalog_3051_2019.pdf свободный. – Загл. с экрана.
- 9 Блоки питания БПС-24-4к, БПС24-2к, БП36-2к. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/blok-pitaniya-mps-24-4k-mps24-2k-bp36-2k/?ysclid=li41o5hlmv943176121> свободный. – Загл. с экрана.
- 10 Пускатели бесконтактные реверсивные ПБР-2М и ПБР-3А. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zma-21.ru/produksiya/pribornaya-produksiya/puskateli-pbr-2m-3a.php?ysclid=li41r2r6tf197482913> свободный. – Загл. с экрана.
- 11 Механизм исполнительный электрический однооборотный рычажный типа МЭО-1600. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chep.nt-rt.ru/images/manuals/meo1600.pdf?ysclid=li41thf81i2698944> свободный. – Загл. с экрана.
- 12 ПЛК73 контроллер с НМІ для локальных систем в щитовом корпусе с AI/DI/DO/AO Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen-russia.ru/product/plk73/?ysclid=li41xtpbue110484717> свободный. – Загл. с экрана.
- 13 ИБП60Б источник питания с резервированием Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/ibp60b?ysclid=li42453jux11153183> свободный. – Загл. с экрана.
- 14 Автоматический выключатель 16052DEK DEKraft Russia. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dekraft-russia.com/differencialnye-avtomaty-difavtomat/difavtomat-dekraft-dif-103-1pn-16a-c-45-ka-30-ma--ac-->

- [16052dek?ysclid=li425k6i7i6107790](https://www.dek.ru/catalog/rozetki-modulnye-rm-102) свободный. – Загл. с экрана.
- 15 Защита от перенапряжений PLT-SEC-T3-230-FM 2905229 Модуль Phoenix Contact. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://olnisa.ru/sklad/modul/2905229-modul-phoenix-contact/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=%D0%A2%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F&utm_content=cid|76035882|gid|4961529978|aid|14037131906|adp|no|dvc|desktop|pid|2645258|rid|2645258|did|2645258|pos|premium1|adn|search|crid|0|&utm_term=&yclid=3423335371962056703 свободный. – Загл. с экрана.
- 16 Концевой выключатель Rittal SZ600мм. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rittaler.ru/catalog/product/2500470/> свободный. – Загл. с экрана.
- 17 Розетка модульная DEKraft RM-102. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dek.ru/catalog/rozetki-modulnye-rm-102> свободный. – Загл. с экрана.
- 18 Светильник стационарный Schneider Electric NSYLAMLD. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://api.systeme.ru/catalog/view/NSYLAMLD?ysclid=li42f7y2j2533910015> свободный. – Загл. с экрана.
- 19 Вентилятор Rittal 3238.124. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/ru-ru/products/PG0168KLIMA1/PGR1952KLIMA1/PRO0299?variantId=3238124> свободный. – Загл. с экрана.
- 20 Термореле 1NO МТК-СТО Овен. Каталог продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://meyertec.owen.ru/product/mtk_ct0 свободный. – Загл. с экрана.
- 21 ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации

- (ЕСКД). Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
- 22 РМ4-6-84 «Проектирование электрических и трубных проводок систем автоматизации. Часть I. Электрические проводки».
- 23 Кабель КВВГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://k-
ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-
\(0,66kv\)/kvvg/?ysclid=li42pghxls888655279](https://k-
ps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-
(0,66kv)/kvvg/?ysclid=li42pghxls888655279) свободный. – Загл. с
экрана.
- 24 Кабель силовой огнестойкий ВВГнг-FRLS Гермес. Каталог
продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://td-
hermes.ru/kabel-silovoj/pvc/med/vvgng-a-
frls?yclid=18085950838346088447](https://td-
hermes.ru/kabel-silovoj/pvc/med/vvgng-a-
frls?yclid=18085950838346088447) свободный. – Загл. с экрана.
- 25 Коробка соединительная КС-10 У2 IP54 пластиковый ввод
Гофромастик (ЗЭТАРУС). Каталог продукции 2023. [Электронный
ресурс]. – Режим доступа: [https://nzeta.ru/catalog/korobki-
klemmnye/korobki-soedinitelnye-ks/korobki-s-nabornymi-zazhimami-ks-
10-ks-20/korobka-soedinitelnaya-ks-10-u2-ip54-plastikovyy-vvod-zeta/](https://nzeta.ru/catalog/korobki-
klemmnye/korobki-soedinitelnye-ks/korobki-s-nabornymi-zazhimami-ks-
10-ks-20/korobka-soedinitelnaya-ks-10-u2-ip54-plastikovyy-vvod-zeta/)
свободный. – Загл. с экрана.
- 26 Компактный распределительный шкаф Rittal AE 1280.500. Каталог
продукции 2023. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<https://rittal.ru/catalog/product/1280500/?ysclid=li42y3d7k3517002725>
свободный. – Загл. с экрана.
- 27 Инструкция по охране труда для оператора котельной с учётом
приказа Минтруда России от 17.08.2015 № 551н «Об утверждении
правил по охране труда при эксплуатации тепловых
энергоустановок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [oхрана-
труда-оператор-котельной.pdf](oхрана-
труда-оператор-котельной.pdf) (promresrf.ru) свободный. – Загл. с
экрана.
- 28 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
- 29 ГОСТ 21889-76 «Система "Человек-машина». Рабочее место
оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.

- 30 ГОСТ 22269-76 «Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места».
- 31 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.
- 32 ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности».
- 33 Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (прил. 16, п. 4. Методика оценки напряженности трудового процесса).
- 34 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- 35 СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».
- 36 ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 37 ГОСТ 12.2.003-91. Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
- 38 СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция.
- 39 Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005).
- 40 ГОСТ Р 50948-2001. Государственный стандарт Российской Федерации. Общие эргономические требования и требования безопасности.
- 41 СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

- 42 Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 декабря 2012 г. № 1278н «Об утверждении стандарта скорой медицинской помощи при ожогах, гипотермии»
- 43 Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 (ред. от 30.11.2021) "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации"
- 44 ГОСТ Р 55173-2012. Установки котельные. Общие технические требования.
- 45 Федеральный закон «О чрезвычайной ситуации и обеспечении пожарной безопасности».
- 46 ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».
- 47 Правила устройства электроустановок (ПУЭ), приказ от 8.07.2002 г. N 204.
- 48 Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
- 49 СП (своды правил) 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
- 50 Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года N 1479, «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».