

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Автоматическая система регулирования разрежения в камере сгорания композиционного топлива |

УДК 681.51:662.614.083.4:621.45.034

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------|
| 5Б7В | Мансуров Дмитрий Русланович | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ИШФВП | Глушков Д.О. | к.ф.-м.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Клемашева Е.И. | к.э.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Мезенцева И.Л. | | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент НОЦ И.Н.Бутакова | Антонова А.М. | к.т.н., доцент | | |

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

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|---|--|
| 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 и иностранном (-ых) языке |
| 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 использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий |
| ОПК(У)-2 | Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| Профессиональные компетенции | |
| ПК(У)-1 | Способность участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов и их элементов в соответствии с нормативной документацией |
| ПК(У)-2 | Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием |
| ПК(У)-3 | Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам |
| ПК(У)-8 | Готовность к участию в организации метрологического обеспечения технологических процессов при использовании типовых методов контроля режимов работы технологического оборудования |
| ПК(У)-9 | Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве |
| ПК(У)-10 | Готовность к участию в работах по освоению, доводке и сопровождению технологических процессов |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Атрошенко Ю.К.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------------|
| 5Б7В | Мансурову Дмитрию Руслановичу |

Тема работы:

| | |
|---|-------------------------|
| Автоматическая система регулирования разрежения в камере сгорания композиционного топлива | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | №138-53/с от 18.05.2021 |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| Исходные данные к работе | Объектом автоматизации является паровой котел П-50. Основное топливо парового котла – донецкий тощий уголь, растопочное – мазут. При разработке системы регулирования процессом разрежения в топке котла предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системы топливоподачи. |
| Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов | 1 Введение (актуальность темы, цель и постановки задачи). 2. Характеристика объекта управления. 3. Анализ и выбор средств автоматического управления и мониторинга. 4. Разработка проектной документации (функциональная схема, заказная спецификация приборов и средств автоматизации). 5. Разработка конструкторской документации (схема электрическая соединений, перечень |

| | |
|---------------------------------|--|
| | элементов, сборочный чертеж, спецификация). 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность. |
| Перечень графического материала | 1. Схема структурная. 2. Схема функциональная. 3. Схема электрическая. 4. Схема монтажная. 5. Общий вид щита управления. |

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

| Раздел | Консультант |
|---|----------------------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Клемашева Елена Игоревна |
| Социальная ответственность | Мезенцева Ирина Леонидовна |

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 29.01.2021 |
|--|------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|--------------|--------------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ИШФВП | Глушков Дмитрий Олегович | к.ф.-м.н. | | 29.01.2021 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| 5Б7В | Мансуров Дмитрий Русланович | | 29.01.2021 |

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 9 рисунков, 30 таблицы, 17 источников.

Ключевые слова: автоматическая система регулирования, разрежение в камере сгорания, автоматизация, измерительные устройства, котлоагрегат, камера сгорания.

Объектом исследования является паровой котел П-50.

Целью выпускной квалификационной работы – проектирование автоматической системы регулирования разрежения в камере сгорания композиционного топлива.

В процессе выполнения работы были выполнены экспериментальные исследования, анализ объекта автоматизации, составление структурной схемы АСР разрежения в камере сгорания, проектирование функциональной схемы, электрической и монтажной схем, а также разработка чертежа общего вида щита автоматизации, выбор приборов и ТСА с составлением заказной спецификации, расчет оптимальных параметров настройки регулятора.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы разработана система регулирования разрежения в камере сгорания.

Основным преимуществом разработанной системы является специально спроектированный программно-оперативный комплекс на базе SCADA-системы, который позволяет распределить функции между автоматической системой и оперативным персоналом. Такое решение позволяет повысить качество управления технологическим процессом, а также положительно влияет на безопасность производства.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Office, Компас 3D, MasterSCADA, Codesys.

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ | 8 |
| 1 АНАЛИЗ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ | 9 |
| 2 ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ АСР | 12 |
| 2.1 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ | 13 |
| 2.2 ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВА И СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ | 15 |
| 2.2.1 Выбор преобразователя давления | 16 |
| 2.2.2 Выбор преобразователя расхода | 17 |
| 2.2.3 Выбор регулятора | 18 |
| 2.2.4 Выбор газоанализатора | 21 |
| 2.2.5 Выбор датчика разности давления | 22 |
| 2.2.6 Выбор исполнительного механизма | 23 |
| 2.2.7 Выбор пускателя для исполнительного механизма | 24 |
| 2.3 РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ | 25 |
| 2.4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ | 27 |
| 2.5 РАЗРАБОТКА ПЕРЕЧНЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ | 28 |
| 2.6 РАЗРАБОТКА ОБЩЕГО ВИДА ЩИТА УПРАВЛЕНИЯ | 29 |
| 3 РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА | 30 |
| 3.1 ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ | 30 |
| 3.2 РАСЧЁТ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАНИЦЫ ЗАДАННОГО ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ АСР С ПИ-РЕГУЛЯТОРОМ И ОБЪЕКТОМ С ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИЕЙ | 32 |
| 3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРА | 34 |
| 3.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ПИ – РЕГУЛЯТОРА | 36 |
| 3.5 РАСЧЁТ, ПОСТРОЕНИЕ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАМКНУТОЙ АСР ПРИ ВОЗМУЩЕНИИ F , ИДУЩЕМ ПО КАНАЛУ ВОЗМУЩАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ | 37 |
| 3.6 ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС В ЗАМКНУТОЙ АСР ПО КАНАЛУ ЗАДАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ | 37 |
| 3.7 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ | 40 |
| 3.8 ПЕРЕХОДНЫЙ ПРОЦЕСС ПРИ ВОЗМУЩЕНИИ F , ИДУЩЕМ ПО КАНАЛУ ВОЗМУЩАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ | 41 |
| 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ | 48 |
| 4.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА, ПЕРСПЕКТИВНОСТИ И АЛЬТЕРНАТИВ ПРОВЕДЕНИЯ НИ С ПОЗИЦИИ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ | 48 |
| 4.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ | 48 |
| 4.2 РАЗРАБОТКА SWOT–АНАЛИЗА СИСТЕМЫ АСР | 49 |
| 4.3 ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА | 52 |
| 4.3.1 Структура работ в рамках технического проекта | 53 |
| 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ | 54 |
| 4.3.3 Разработка графика проведения технического проекта | 57 |
| 4.3.4 Затраты на разработку технического проекта | 59 |
| 4.3.5 Затраты на специальное оборудование | 59 |
| 4.3.6 Расчет амортизационных отчислений | 61 |
| 4.3.7 Основная заработная плата исполнителей технического проекта | 61 |
| 4.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды | 63 |
| 4.3.9 Смета затрат технического проекта | 64 |

| | |
|---|------------------------------------|
| 4.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТА | 65 |
| 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ | 69 |
| 5.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ..... | 69 |
| 5.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ..... | 70 |
| 5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований..... | 71 |
| 5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя | 77 |
| 5.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ..... | 78 |
| 5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду | 78 |
| 5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду..... | 79 |
| 5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды | 79 |
| 5.4. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ | 80 |
| 5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований...81 | |
| 5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований..... | 82 |
| 5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС | 82 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 84 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 85 |
| Графический материал: | на отдельных листах |
| ФЮРА.421000.013. С1 | Схема структурная |
| ФЮРА.421000.013. С2 | Схема функциональная |
| ФЮРА.421000.013. Э3 | Схема принципиальная электрическая |
| ФЮРА.421000.013. С4 | Схема монтажная |
| ФЮРА.421000.013. ВО | Общий вид щита управления |

Введение

В настоящее время теплоэнергетика занимает одно из ведущих мест по уровню автоматизации среди других отраслей промышленности. Выработка тепловой и электрической энергии в любой момент времени должна соответствовать потреблению (нагрузке). Почти все операции на теплоэнергетических установках механизированы, а переходные процессы в них развиваются сравнительно быстро. Этим объясняется высокое развитие автоматизации в тепловой энергетике.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование АСР разрежения в камере сгорания П-50.

Объектом исследования является паровой котел П-50. Регулируемой величиной является разрежение воздуха внутри камеры сгорания. Цель управления – поддержание нормального топчного режима на постоянном заданном уровне.

АСР разрежения в камере сгорания необходима для поддержания топки под наддувом, то есть для поддержания постоянного разрежения. Отсутствие разрежения приведет к тому, что пламя факела будет прижиматься, вследствие этого возможно обгорание горелок и нижней части топки. В помещения цеха попадут дымовые газы и работа обслуживающего персонала будет невозможна.

В ходе выполнения данной работы необходимо решить ряд задач:

1. произвести анализ объекта автоматизации и осуществить выбор технических средств автоматизации;
2. разработать проектную, схемотехническую и конструкторскую документацию;
3. рассчитать оптимальные параметры настройки регулятора.

В результате должны быть разработаны графические материалы, а именно структурная, функциональная, монтажная и электрическая схема АСР, а также чертеж общего вида щита автоматизации и заказной спецификации средств автоматизации.

1 Анализ объекта автоматизации

В статических режимах производительность дымососов должна в каждый момент времени соответствовать производительности дутьевых вентиляторов. Показателем этого соответствия служит разрежение в топочной камере.

Допускать в камере сгорания котельного агрегата избыточное давление нельзя, за исключением котлоагрегатов, работающих под наддувом, т. к. это вызывает выбивание газов и пламени из топки.

С другой стороны, при значительном разрежении в камере сгорания возрастают присосы воздуха, снижающие экономичность работы котла за счет потерь с уходящими газами – q_2 и увеличения расхода электроэнергии на работу дымососов.

Разрежение в различных зонах топочного пространства котельного агрегата по высоте топочной камеры неодинаково. Вследствие явления самотяги разрежение в верхней части камеры сгорания бывает обычно примерно на 0,1 кПа больше, чем в нижней. Поэтому поддерживают необходимое минимальное разрежение в верхней части камеры сгорания.

Объектом автоматизации является паровой котел П-50. Основное топливо парового котла - донецкий тощий уголь, растопочное - мазут. Температура уходящих газов $\vartheta_{yx}=117$ °С, к.п.д. котла $\eta=92,68$ %[1].

Продольный разрез парового котла П-50 изображен на рисунке 1.1.

Котел П-50, прямоточный, с промперегревом и уравновешенной тягой, состоит из двух симметричных корпусом П-образной компоновки с топкой без пережима с жидким шлакоудалением, предназначен для сжигания как кузнецкого тощего угля, так и природного газа.

Оснащен L-образными двухсветными экранами («щеками») вверху топки. Вместо горизонтальных ширм установлены две ступени

вертикальных: первая – в горизонтальном газоходе до перевала; вторая – в поворотной камере, нависая над конвективным пароперегревателем (КПП). Топка и горизонтальный газоход имеют газоплотное экранирование цельносварными мембранными панелями.

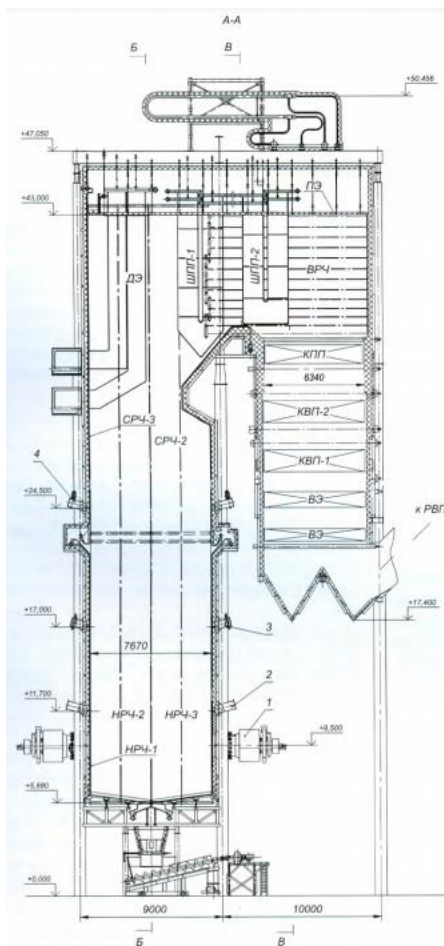


Рисунок 1.1 – Паровой котел П-50

1 – основная горелка; 2 – сбросное сопло; 3 – газовый инжектор; 4 – сопло третичного дутья

Имеет призматическую топочную камеру без пережима с одноярусным расположением более мощных пылегазовых горелок, сбросные сопла перенесены с боковых стен на фронтальную и заднюю стены топки и размещены над горелками. Для снижения выбросов оксидов азота применено трехступенчатое сжигание с рециркуляцией дымовых газов в горелки при работе на газе. Вместо встроенного установлен полнопроходный растопочный сепаратор конструкции ВТИ – ЗиО. Котел оборудован системой подачи пыли высокой концентрации (ППВК) в горелки от аэропитателей.

Топка котла имеет шесть пылегазовых вихревых горелок на корпус, расположенных встречно на фронтальной и задней стенах в один ярус на отметке 9,5 м. Горелка имеет четыре кольцевых канала горячего воздуха: центральный, газовых сопел, внутренний и периферийный. Центральный, внутренний и периферийный каналы снабжены аксиальными лопаточными завихрителями, причем лопатки завихрителя в периферийном канале имеют регулирующую (поворотную) выходную часть. Горелка – двухколлекторная по природному газу. При работе котла на газе в воздух к горелкам подмешиваются дымовые газы рециркуляции, коэффициент рециркуляции равен 0,15.

На отметке 17 м над сбросными соплами установлены 12 восстановительных сопел («газовые инжекторы»), в которые для создания зоны восстановления NO при сжигании пыли подается природный газ (его доля по теплу 15%) в смеси с дымовыми газами рециркуляции (коэффициент рециркуляции до 0,15), отбираемыми за экономайзером. При работе на природном газе эти сопла охлаждаются воздухом. Для дожигания продуктов неполного сгорания и снижения механического недожога выше установлены 12 сопел третичного дутья. Теоретически необходимое количество воздуха при сжигании 1 кг угля – $0,22V^\circ$, 1 м³ природного газа – $0,2V^\circ$. Оси всех сопел наклонены вниз на 15° к горизонтали. В таблице 1.1 приведены контролируемые и регулируемые параметры.

Таблица 1.1 – Контролируемые и регулируемые параметры

| Параметр | Значение |
|--|----------|
| Паропроизводительность | 1050 т/ч |
| Давление первичного (острого) пара на выходе | 25 мПа |
| Температура первичного пара на выходе | 545 °С |

Продолжение таблицы 1.1

| | |
|--------------------------|---------------|
| Расход воздуха | 3,3 кПа |
| Расход топлива | 156,6 т/ч |
| Концентрация кислорода | От 5,4 - 10 % |
| Разрежение в топке котла | -4 кПа |

2 Выбор и обоснование структуры АСР

К АСР разрежения предъявляются следующие требования:

- в стационарных нормальных режимах работы отклонение разрежения AS_T от заданного значения не должно превышать 15...20 Па (1,5...2,0 мм вод. ст.);
- при 10%-м изменении нагрузки котла от исходного номинального значения, отклонение разрежения AS_T не должно превышать 10...20 Па (1 ...2 мм вод. ст.);
- поддержание топки под наддувом, то есть для поддержания постоянного разрежения;
- добиться экономичности и экологичности в следствии полного сжигания топлива.

Камера сгорания обладает практически отсутствием запаздывания и значительным самовыравниванием, что является благоприятными динамическими свойствами для объекта регулирования разрежения.

Вследствие благоприятных динамических свойств камеры сгорания в автоматической системе регулирования разрежения используются как И-регулятор, так и ПИ-регулятор. Для уменьшения динамической ошибки в переходных режимах (повышения качества регулирования) в системе регулирования разрежения используют динамическую связь от регулятора разрежения к регулятору воздуха. Динамическая связь позволяет компенсировать все возмущения в камере сгорания, возникающие при работе регулятора воздуха.

С помощью первичных преобразователей давления и расхода формируются сигналы о величине давления (разрежения) в верхней части камеры сгорания и расхода воздуха, подаваемого в камеру сгорания, которые поступают к регулиющему устройству (ПЛК). Контроллер формирует аналоговый регулирующий сигнал, который поступает на управление регулирующего клапана 1, регулирующего клапана 2, шибер.

В таблице 2.1 приведены условные обозначения соответственно элементов и сигналов на схемы.

Таблица 2.1 – Условные обозначения элементов на схеме

| Условное обозначение | Наименование |
|----------------------|--|
| ДД | Датчик давления |
| ДРВ | Датчик расхода воздуха |
| ДРТ | Датчик расхода топлива |
| ИМ | Исполнительный механизм |
| МПК | Микропроцессорный программируемый контроллер |
| O ₂ | Содержание O ₂ в дымовых газах |
| ПУ | Пусковое устройство |
| РО | Регулирующий орган |

Структурная схема АСР разрежения в камере сгорания представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.013 С1.

2.1 Разработка функциональной схемы

Функциональная схема автоматизации – это документ, который создан для того, чтобы разъяснять и в деталях описывать определенные процессы, протекающие в отдельно взятом блоке или на конкретном участке. Таким образом, схема автоматизации в данном случае будет представлять

собой пояснение (частично даже наглядное) для процесса автоматизации на каком-либо конкретном предприятии.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса необходимо решить такие задачи, как [2]:

1. изучение технологической схемы автоматизации;
2. составление перечня контролируемых параметров технологического оборудования и технологического процесса;
3. определение на технологической схеме объекта автоматизации расположение точек отбора измерительной информации;
4. определение предельных рабочих значений контролируемых параметров;
5. выбор структуры измерительных каналов;
6. выбор методов и технических средств для получения, передачи, преобразования измеряемой информации;
7. решение вопроса о размещении технических средств автоматизации на технологическом оборудовании, трубопроводах, щитах, пультах, и по месту.

При разработке функциональной схемы, основываясь на ранее выбранной структуре АСР разрежения в камере сгорания, осуществлены следующие процедуры:

1. спроектирована упрощенная технологическая схема объекта управления (паровой котел);
2. выбраны первичные средства автоматизации;
3. схематично изображен щит автоматизации;
4. изображены линии связи между техническими средствами автоматизации [3].

Функциональная схема представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.013 С2.

В центральной части функциональной схемы изображен схематично паровой котел, первичные преобразователи измеряемых технологических

параметров, регулирующие устройства. В нижней части листа изображены приборы, установленные по месту (преобразователь давления) и местный щит управления с установленным на нем контроллером.

На функциональной схеме выделены измерительные каналы и канал управления.

По измерительным каналам первичные преобразователи давления и расхода формируют сигналы о величине давления (разрежения) в верхней части камеры сгорания и расхода воздуха, подаваемого в камеру сгорания, которые поступают к регулиющему устройству (ПЛК). Контроллер формирует аналоговый регулирующий сигнал, который поступает на управление регулирующего клапана 1, регулирующего клапана 2, шибер.

Передача информации в ПЛК об измеряемых величинах разрежения в верхней части камеры сгорания (датчик давления) и расхода воздуха осуществляется по принципу аналоговой «токовой петли». Выбран вариант сигнала 4-20 мА, в качестве начала отсчета принят ток 4 мА. Это позволяет производить диагностику целостности кабеля.

Процессор контроллера обрабатывает полученную информацию и формирует управляющее воздействие в соответствии с алгоритмами управления.

2.2 Технические средства и составление заказной спецификации

Одним из основных аспектов при проектировании автоматических систем управления является выбор технических средств автоматизации. При выборе устройств нужно обращать внимание на доступность и надежность рассматриваемых технических средств. Немаловажную роль в выборе технических средств играет унификация и возможность обеспечения взаимосвязи между устройствами и системой в целом. Еще одним критерием выбора приборов являются габаритные размеры. Все выбранные устройства необходимо устанавливать либо по месту, либо на щитах управления, и то

сколько пространства занимает то или иное устройство в ограниченном объеме может стать серьезной проблемой.

В процессе выбора первичных измерительных преобразователей необходимо учитывать предельные значения измеряемого параметра и давлений, в диапазоне которых можно применять различные первичные измерительные преобразователи, а также характеристики выходного сигнала первичных измерительных преобразователей. Необходимо ограничивать количество технических средств, устанавливаемых на щитах, минимальным набором, обеспечивающим выполнение требуемых функций. Стоит обращать внимание на исполнение прибора. Например, в условиях агрессивной среды лучше использовать преобразователи в защитном кожухе.

2.2.1 Выбор преобразователя давления

Датчики давления различаются по типу, принципу действия, по количеству чувствительных элементов [4]. В настоящее время существует широкий спектр видов и производителей датчиков давления. В данном случае необходимо измерять разрежения в верхней топке парового котла.

Для измерения разрежения рассмотрены возможные варианты датчиков с необходимой модификацией:

- датчик давления НМР 331, производитель – ООО «БД Сенсорс РУС», г. Москва [5];
- преобразователь избыточно-вакуумметрического давления ПД200-ДИ, производитель - ООО «ОВЕН», г. Москва [6].

Сравнительную характеристику для датчиков давления приведем в таблице 3.

Таблица 2.2 - Технические характеристики датчиков давления

| Датчик | НМР 331 | Овен ПД200-ДИ |
|-----------------------------|-------------|-------------------|
| Характеристики | | |
| Диапазон измерения | 0...60 МПа | 0,00063...6,0 МПа |
| Основная погрешность | ±0,1 % | ±0,1 % |
| Диапазон рабочих температур | -40...80 °С | -40...100 °С |
| Срок службы | 10 лет | 12 лет |
| Цена | 28490 | 26000 |

Проанализировав технические характеристики приборов, выбран датчик давления типа ПД200-ДИ. Данный датчик вписывается в требуемый диапазон измерения и идеально подходит по рабочим характеристикам. Кроме того, как видно из таблицы 2.2 он превосходит своего конкурента по сроку службы и приемлемой стоимости.

2.2.2 Выбор преобразователя расхода

В разрабатываемой АСР разрежения в камере сгорания парового котла необходимо измерять расход подаваемого воздуха в камеру сгорания.

Для измерения расхода воздуха часто используются расходомеры:

- универсальный 3-х лучевой ультразвуковой расходомер OPTISONIC 7300, производитель – «KROHNE Group», г. Самара;
- 4-лучевой расходомер газа Daniel SeniorSonic, производитель – Daniel Measurment and Control, Inc., г. Москва;
- вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200, производитель – «Теплоком», г. Москва [7].

Основные технические характеристики представленных расходомеров приведем в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Технические характеристики датчиков расхода

| Датчики | ЭМИС-ВИХРЬ 200 | Daniel SeniorSonic | OPTISONIC 7300 |
|------------------------------|--|--|--|
| Характеристики | | | |
| Количество лучей | - | 4 | 3 |
| Точность измерения(при н.у.) | до $\pm 1\%$ при измерении расхода газа и пара | При $v=1,2\div 12,2$ м/с точность $\pm 0,15\%$ от измеренного значения | до $\pm 2\%$ |
| Диапазон рабочих температур | $-50\dots 70$ °С | $-45\dots 100$ °С | $-40\dots 125$ °С |
| Выходной сигнал | аналоговый токовый 4 - 20 мА + HART цифровой: RS-485, Modbus RTU | 4-20 мА + HART | аналоговый токовый 4 - 20 мА + HART |
| Цена, руб. | 45000 | 71090 | 70390 |

Из сравнительной характеристики, представленной в таблице 2.3, видно заметное преимущество Daniel SeniorSonic в точности измерения за счет большего количества лучей. Однако у данного датчика высокая стоимость. ЭМИС-ВИХРЬ 200 также подходит по характеристикам, более того у него приемлемая стоимость. Выбран расходомер типа ЭМИС-ВИХРЬ 200, производства «Теплоком», г. Москва.

2.2.3 Выбор регулятора

В качестве регулирующего устройства используется контроллер. В данной работе рассматривается контроллер от производителя «Овен».

Для регулирующего устройства разрежения рассмотрены возможные варианты контроллеров:

- Овен ПЛК 150, Энергоавтоматика г. Москва;

– Овен ПЛК 160, Энергоавтоматика г. Москва [8].

Контроллер – это вычислительное устройство, разработанное для применения в промышленности с учетом требований надежности, безотказности и простоты обслуживания.

Главное качество, по которому следует проводить выбор контроллера – это высокое быстродействие. Контроллер кроме этого обладает следующими свойствами:

- измерение аналоговых сигналов тока или напряжения и преобразования их к выбранной пользователем физической величине;
- измерение дискретных входных сигналов;
- управление дискретными (релейными) выходами;
- управление аналоговыми выходами;
- прием и передача данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet;
- выполнение пользовательской программы по анализу результатов измерения дискретных и аналоговых входов, управления дискретными входами и выходами, передачи и приему данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet.

Конструкция контроллера должна обеспечивать доступ к составным частям, которые могут потребовать регулировки или замены.

В качестве контроллера, обладающего выше перечисленными свойствами, выбран микропроцессорный контроллер фирмы Овен ПЛК 160.

Этот контроллер широко используются в системах автоматизации энергетики и нефтяной промышленности уже много лет и хорошо зарекомендовал себя как бюджетный и надежный.

Выбирается Овен ПЛК 160, у которого количество каналов допустимо и обеспечит более высокую надежность и интеграцию, а также позволит

сократить затраты. Технические характеристики приборов представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Технические характеристики приборов Овен

| Параметр | Овен ПЛК 160 | Овен ПЛК 150 |
|---|--------------------------|----------------|
| | Значение | |
| Напряжение питания | 24 В, 220 В | 24 В, 264 В |
| Потребляемая мощность | Не более 40 ВА | Не более 40 ВА |
| Аналоговых входов | 8 шт. | 4 шт. |
| Аналоговых выходов | 4 шт. | 2 шт. |
| Дискретных входов | 16 шт. | 6 шт. |
| Дискретных выходов | 12 шт. | 4 шт. |
| Максимальный ток, коммутируемый контактами реле | Не более 3 А | Не более 2 А |
| Интерфейс связи | RS-485, RS-232, Ethernet | RS-232, RS-485 |
| Среда программирования | CoDeSys 2,3 | CoDeSys 2,3 |

Построение системы управления и диспетчеризации возможно, как с помощью проводных средств – используя встроенные интерфейсы Ethernet, RS-232, RS-485. Выбор обусловлен также достаточно широким применением контроллера на промышленных предприятиях, наличием подробной документации, позволяющей учесть потребности конкретного технологического процесса и опытом разработки типовых проектов систем автоматизации.

2.2.4 Выбор газоанализатора

Газоанализатор КГА-8С представляет собой многоканальное микропроцессорное устройство, предназначенное для измерения состава сложных газовых смесей в широком диапазоне концентраций, измерения сопутствующих параметров, например таких, как температура, атмосферное давление, относительное давление, скорость потока газа, осуществление необходимых вычислений, накопление данных с возможностью последующего просмотра и вывода на ПК. Технические характеристики газоанализаторов приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Технические характеристики газоанализаторов

| Наименование | КГА-8С | КГА-8ЕС |
|---|----------------|----------------|
| | Значение | |
| Кислород (O ₂) | 0 - 5 % об. д. | 0 - 5% об.д. |
| Условия эксплуатации | | |
| Температура ОС | От ±5 до ±45 | От ±5 до ±45 |
| Атмосферное давление | 84 - 107 кПА | 84 - 106,7 кПА |
| Входное напряжение | 220 В | 220 В |
| Длительность работы от аккумуляторной батареи | не меньше 8 ч | не меньше 6 ч |
| Пределы допускаемой погрешности | | |
| Температуры на 10 °С | ±0,2 δ | ±0,5 δ |
| Давления на 10% | ±0,2 δ | ±0,3 δ |
| Напряжения питания на 10% | ±0,1 δ | ±0,2 δ |

Мощный побудитель расхода, которым оснащён газоанализатор, свободно преодолевает разрежение перед самыми мощными дымососами, применяемыми на теплоэлектростанциях, а его высокая производительность позволяет производить измерения путём забора пробы через импульсные

трубки длиной в десятки метров.

Корпус газоанализатора КГА-8С изготовлен из ударопрочного материала. На верхней панели прибора размещены цифровая и функциональная клавиатуры, каждая кнопка которых имеет своё индивидуальное назначение, что упрощает работу с прибором, не требуя от оператора запоминания в каком режиме, какое назначение имеет каждая кнопка.

Кроме клавиатуры на верхней панели размещён двухстрочный жидкокристаллический матричный дисплей с внутренней подсветкой. На передней панели газоанализатора размещены все штуцеры и разъёмы для внешних подключений. На боковых стенках КГА-8С закреплены петли для крепления переносного ремня регулируемой длины. На нижней поверхности прибора предусмотрены резиновые опоры.

Такая эргономика КГА-8С даёт возможность оператору свободно пользоваться газоанализатором (производить все необходимые при работе с прибором манипуляции) разместив с помощью переносного ремня у себя на груди, освобождая руки, повесить прибор, или установить на горизонтальной поверхности.

2.2.5 Выбор датчика разности давления

Рассмотрим датчик разности давления Метран-43Ф-ДД-3494. Данный датчик в своем составе имеет встроенный преобразователь.

Датчик разности давления Метран-43Ф-ДД, модель 3494, с микропроцессорным электронным преобразователем, со встроенным индикатором, имеющий вид климатического исполнения У2 для работы при температуре от минус 40 °С до плюс 70 °С, с предельно допусаемым рабочим избыточным давлением 4 МПа, с выходным сигналом 4-20 мА, с вентильной системой, подсоединенной к датчику сверху, с сальниковым вводом. Технические характеристики датчика разности давления приведены

в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Технические характеристики датчика разности давления

| Датчик | Верхний предел измерений, кПа | Предельно допускаемое рабочее избыточное давление, Мпа | Предел допускаемой основной погрешности, ± % |
|--------------------|-------------------------------|--|--|
| Метран-43Ф-ДД-3494 | 1,0 | 4 | 0,25; 0,5 |

Осуществляем выбор датчика, опираясь на верхний предел измерений и погрешность. Таким образом, выбираем датчик разности давления Метран-43Ф-ДД-3494 от производителя «Промышленная группа Метран», г. Челябинск.

2.2.6 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – это устройство, преобразующее выходной сигнал регулятора в перемещение регулирующего органа. Обычно исполнительные механизмы состоят из трех основных частей: привод, прибор для управления приводом и регулирующей орган – задвижки. Привод обеспечивает изменение положения задвижки, а задвижка корректирует величину переменной процесса.

За счет подвода энергии извне исполнительный механизм развивает усилие и мощность, достаточные для перемещения регулирующего органа в положение, соответствующее командному сигналу. Например, исполнительный механизм может использоваться, чтобы изменить степень открытия клапана для увеличения или уменьшения загрузки, или изменить положение заслонки или жалюзи.

Выбор типа ИМ (многооборотный – МЭМ) - определяется типом

трубопроводной арматуры.

Исполнительный механизм выбирается не только из вида регулирующего органа, но и от крутящего момента.

При выборе ИМ типа МЭМ должно выполняться условие $M_H > M_{max}$, поэтому по каталогу завода-изготовителя «ЗАО ЭКСИС» выбираем механизм электроисполнительный однообразный с номинальным значением момента на выходном валу 40 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с, в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала. Тип МЭМ-40/25-10.

При выборе ИМ типа МЭМ должно выполняться условие $F_H > F_{max}$, поэтому по каталогу завода-изготовителя «ОАО ЗЭиМ» выбираем механизм электроисполнительный однообразный с номинальным значением усилия на штоке 40 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с, номинальное значение полного хода 10 мм. Тип МЭМ-40/25-10.

2.2.7 Выбор пускателя для исполнительного механизма

Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3 предназначен для управления механизмами МЭМ с трехфазными асинхронными двигателями с мощностью потребления до 2 кВт, в системах управления технологическими процессами.

Блоки типа ПБР-3 выпускаются ОАО «ЗЭиМ». Блоки данного типа позволяют работать в режиме повторно-кратковременного включения.

Выберем три пускателя типа ПБР-3.

Технический документ, который содержит все необходимые обозначения о приборах, выполнен в виде таблицы называется спецификацией.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.013 СО1.

2.3 Разработка монтажной схемы

Монтажные схемы проектируют для выполнения электрической и других видов коммутации технических средств при монтаже систем автоматизации. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов и пультов и монтажные схемы внешних электрических и трубных проводок.

Монтажная документация, разрабатываемая в процессе проектирования систем автоматического регулирования, включает в себя:

- монтажную документацию щитов и пультов;
- монтажную документацию внешних электрических и трубных проводок.

На чертеже монтажной схемы изображены очертания развернутых в одной плоскости внутренних стенок щита с упрощенными изображениями элементов системы автоматизации. Определено количество и местоположение клеммников.

Исходя из удобства представления, монтажная схема электрических проводок щита выполнена адресным способом. Каждый проводник внутри шкафа управления промаркирован согласно принципиальной электрической схеме.

Контроллер изображен условно сплошной линией в виде упрощенного контура с используемыми и резервными клеммами. Клеммам присвоены порядковые номера средств системы автоматизации.

К внешним электрическим и трубным проводкам относят такие проводки, которые расположены за пределами щитов и пультов.

Целью проектирования внешних и внутренних электрических и трубных проводок является создание монтажной документации, необходимой и достаточной для прокладки трубных и электропроводок, коммутации токоведущих жил и труб к техническим средствам автоматизации и вспомогательным элементами, проверки проводок и ввода

их в эксплуатацию.

Схема монтажная внешних электрических проводок содержит:

- первичные преобразователи, расположенные вне щита;
- внешние электрические проводки;
- внешние трубные проводки (импульсные трубки);
- щит автоматизации.

На схеме внешних проводок вверху поля чертежа размещена таблица с поясняющими надписями. Для линий питания выбираем кабель с алюминиевыми жилами типа АКРВБГ сечением 2,5 мм² с броней из двух стальных оцинкованных лент.

Выбранные кабели, а также их технические характеристики представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Характеристики проводов и кабелей электропроводки АСР

| № линии | Марка | Кол-во жил | Номинальное сечение, мм ² |
|---------|--------|------------|--------------------------------------|
| 1,2,3,4 | КРВГ | 5 | 1 |
| 5 | КРВГ | 9 | 1 |
| 6 | АКРВБГ | 4 | 2,5 |
| 7,8 | КРВГ | 3 | 1 |
| 9,10 | КРВГ | 2 | 1 |

Преобразователи расхода, давления и другие средства автоматизации с электрическими входами и выходами изображены монтажными символами в соответствии с заводскими инструкциями. При этом внутри монтажных символов указаны номера зажимов и подключение к ним жил проводов или кабелей, причем изображены только используемые клеммы. Маркировка жил нанесена вне монтажного символа.

Схема монтажная представлена на листе формата А3 с шифром ФЮРА.421000.013 С4.

2.4 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Принципиальная электрическая схема определяет полный состав технических средств автоматизации, аппаратов и устройств, а также связей между ними, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации.

В ходе разработки принципиальной схемы АСР разрежения в камере сгорания парового котла были выполнены следующие проектные процедуры:

На основании функциональной схемы автоматизации составлена принципиальная электрическая схема.

В соответствии с заказной спецификацией выполнена расстановка элементов на схеме в такой последовательности, чтобы было удобно её читать при дальнейшей разработке монтажных схем и схем соединений и подключений внешних проводок.

Для каждого устройства на схеме в соответствии с его технической документацией завода-изготовителя определены и изображены на схеме только задействованные клеммы тех или иных устройств.

Произведено соединение устройств с помощью линий связи, обозначающих линии электрической проводки.

Всем элементам и устройствам схемы присвоены позиционные обозначения. С помощью букв латинского алфавита указаны вид элемента или устройства, так называемый буквенный код, затем указан порядковый номер устройства в пределах устройств данного вида.

В соответствии с присвоенными позиционными обозначениями устройств составлен перечень элементов схемы, оформленный в виде таблицы на отдельном листе.

На входе расположен блок зажимов XT0 на который подается внешнее питание 220 В. Далее расположен автоматический выключатель QF1, который позволяет обесточивать щит управления, затем питание подается на контроллер А1 и на источник питания G1. Контроллер питается на прямую от 220 В. Источник питания служит для преобразования 220 В в 24 В, также постоянным током запитываются измерительные преобразователи UY1-UY6. Контроллер ПЛК 160 имеет 8 аналоговых входов, 4 аналоговых выхода, 16 дискретных входов, 12 дискретных выходов. Подключение этих модулей было реализовано при помощи интерфейса RS-485. Управление регулирующими клапанами происходит посредством подключения сигналов на аналоговые выходы.

Схема соединений представлена на ФЮРА.421000.013 Э4. Перечень используемых элементов представлен на листе ФЮРА.421000.013 ПЭ4.

2.5 Разработка перечня элементов щита управления

Совместно с разработкой чертежей принципиальной электрической схемы системы автоматизации в общем случае должны составляться перечни элементов.

Шкаф автоматизации питается от однофазной цепи переменного тока с напряжением 220 В, а преобразователь частоты питается с напряжением 380 В. Для обеспечения электробезопасной работы оборудования в щит устанавливаются автоматические выключатели QF1. Блок бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-8 (G1) необходим для преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В. Контроллер (А1) и вторичные измерительные разделительные преобразователи (UY1-UY6), расположенные в шкафу, питаются через блоки бесперебойного питания 24 В.

Перечень элементов, находящихся в схеме, приведен на ФЮРА.421000.013 ПЭ4.

2.6 Разработка общего вида щита управления

В данной выпускной квалификационной работе для размещения средств автоматизации используется щит ЩШМ – 1 (900x500) – IP32 ГОСТ 36.13 – 76. В верхней части щита на монтажной панели расположены программируемый логический контроллер ПЛК 160. В средней части щита расположены измерительные преобразователи UY1-UY6, также расположены источник бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-8, 200 Вт и два модульных автоматических выключателя. В нижней части щита расположены блоки зажимов для подключения полевых кабелей.

Щит позволяет производить монтаж модульной аппаратуры, так и аппаратуры обычного исполнения. Корпус обладает степенью защиты IP32.

Чертеж общего вида шкафа управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и как взаимодействуют его части. Общий вид шкафа представлен на листе с шифром ФЮРА.42100.013. ВО.

В шкафах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними. Шкафы систем автоматизации устанавливают в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Общие виды шкафов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок. Исходные материалы для проектирования общих видов: 1) функциональные схемы систем автоматизации; 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

3 Расчет параметров настройки ПИ-регулятора

3.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта управления предназначена для получения математической модели объекта управления. В инженерной практике применяют активную идентификацию. При активной идентификации на объект подаются заранее известные возмущающие воздействия, и регистрируется выходная величина [9].

В данной работе для получения кривой разгона была использована динамическая модель изменения разрежения в камере сгорания, составленная на базе экспериментальных исследований, проведенных на реальном объекте. Кривая разгона представлена на рисунке 3.1.

По полученной кривой разгона необходимо определить динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени; время запаздывания; коэффициент передачи.

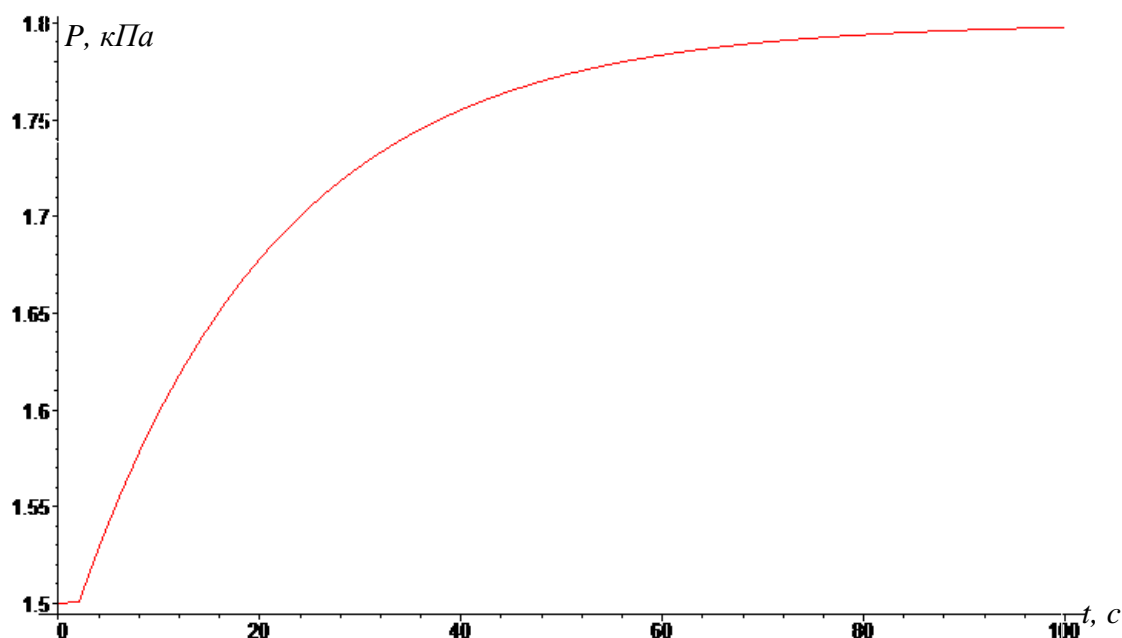


Рисунок 3.1 – Кривая разгона объекта управления

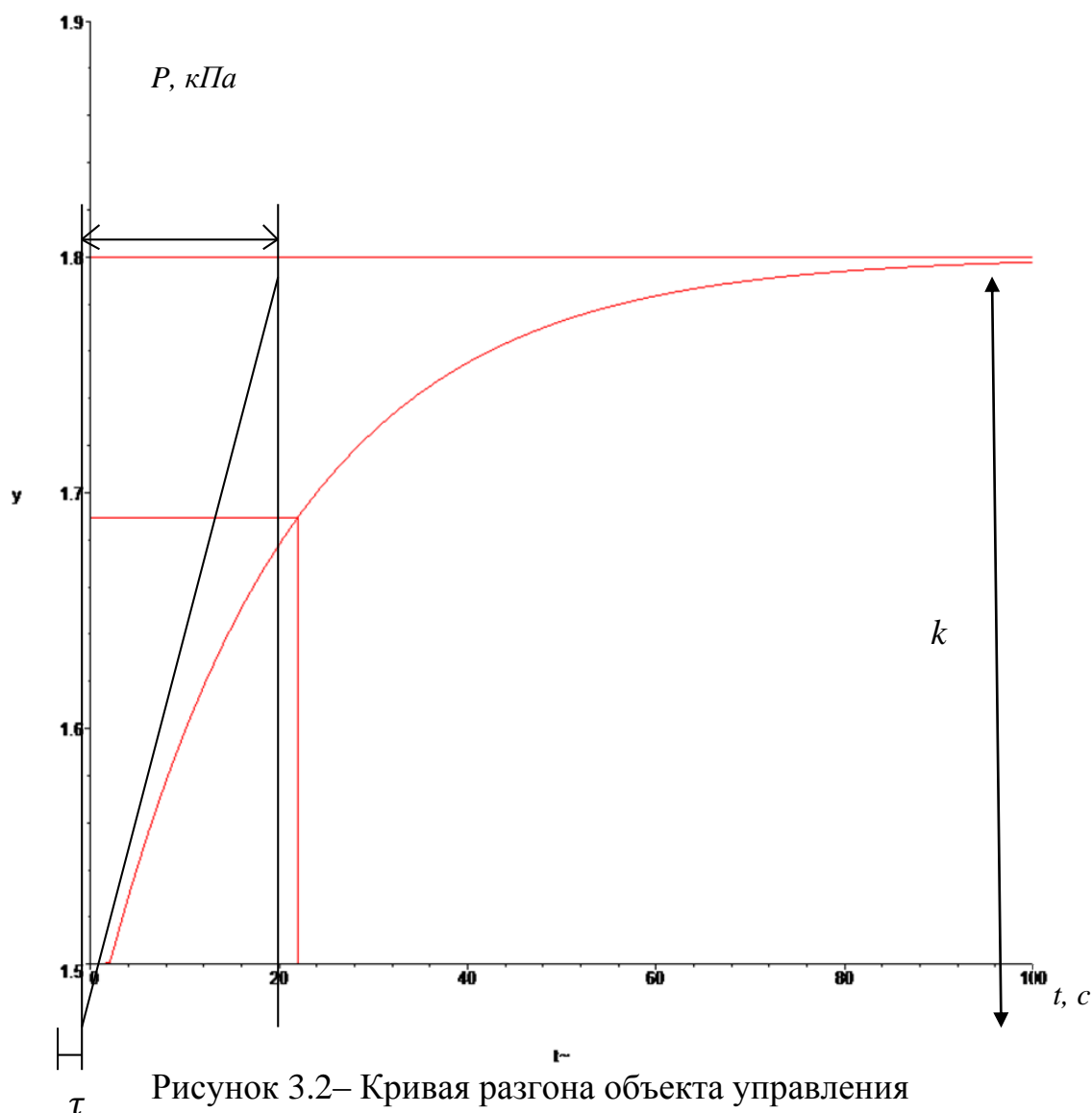
Передаточная функция для кривой представляет собой

апериодическое звено с запаздыванием:

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

где k – коэффициент усиления, p – оператор Лапласа, τ – время запаздывания, T – постоянная времени.

На графике кривой разгона проводится касательная в максимальной точке скорости изменения величины (рисунок 3.2).



По графику определяются динамические параметры объекта:

- коэффициент усиления $k = 0,3$;
- время запаздывания $\tau = 2$ с;

– постоянная времени $T = 20$ с.

Тогда передаточная функция имеет вид:

$$W(p) = \frac{0,3}{(20p+1)} e^{-2p}.$$

3.2 Расчёт и построение границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором и объектом с передаточной функцией

Структурная схема системы регулирования представлена на рисунке

3.3.

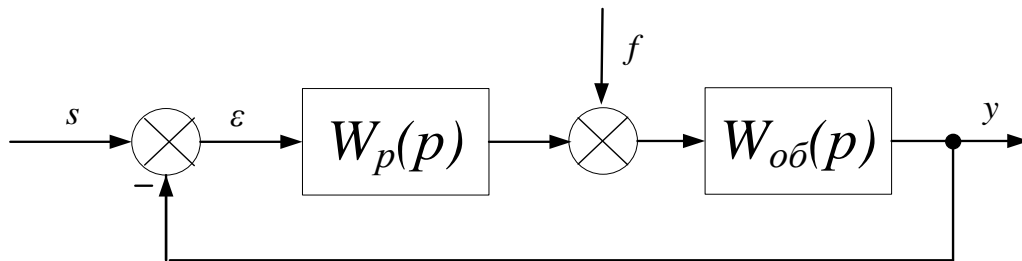


Рисунок 3.3 – Структурная схема системы регулирования

Для расчёта и построения границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором, представленной на рисунке 3.3, воспользуемся корневым методом параметрического синтеза систем автоматического регулирования с применением расширенных амплитудно-фазочастотных характеристик (РАФЧХ).

Расчет системы осуществляется для степени устойчивости равной $\psi=0,95$.

Зная зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования ψ и степенью колебательности m , можно определить значение заданной степени колебательности m по следующей формуле [9]:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,95) = 0,477.$$

Используя вычислительные программные средства, предварительно задав начальное значение частоты $\omega = 0 \text{ с}^{-1}$ и шаг по частоте $\Delta\omega = 0,03 \text{ с}^{-1}$, рассчитываются расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты от 0 до $0,60 \text{ с}^{-1}$.

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\text{Re}_{об}(m, \omega) = \text{Re}(W_{об}(m, i\omega)).$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\text{Im}_{об}(m, \omega) = \text{Im}(W_{об}(m, i\omega)).$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ):

$$A_{об}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{об}^2(m, \omega) + \text{Im}_{об}^2(m, \omega)}.$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{об}(m, \omega) = \arctan\left(\frac{\text{Im}_{об}(m, \omega)}{\text{Re}_{об}(m, \omega)}\right).$$

Результаты расчётов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

| Частота $\omega, \text{ с}^{-1}$ | $\text{Re}_{об}(m, \omega)$ | $\text{Im}_{об}(m, \omega)$ | $A_{об}(m, \omega)$ |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 0 | 0,300 | -0 | 0,3 |
| 0,03 | 0,240 | -0,228 | 0,331 |
| 0,06 | 0,0550 | -0,243 | 0,249 |
| 0,09 | -0,0184 | -0,180 | 0,181 |
| 0,12 | -0,0414 | -0,134 | 0,140 |
| 0,15 | -0,0489 | -0,103 | 0,114 |
| 0,18 | -0,0513 | -0,0824 | 0,0970 |
| 0,21 | -0,0517 | -0,0673 | 0,0849 |
| 0,24 | -0,0513 | -0,0559 | 0,0759 |
| 0,27 | -0,0506 | -0,0469 | 0,0690 |

Продолжение таблицы 3.1

| Частота ω , с ⁻¹ | Re _{оо} (m, ω) | Im _{оо} (m, ω) | A _{оо} (m, ω) |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 0,30 | -0,0498 | -0,0395 | 0,0636 |
| 0,33 | -0,0490 | -0,0332 | 0,0592 |
| 0,36 | -0,0482 | -0,0279 | 0,0556 |
| 0,39 | -0,0473 | -0,0232 | 0,0527 |
| 0,42 | -0,0465 | -0,0189 | 0,0502 |
| 0,45 | -0,0456 | -0,0151 | 0,0481 |
| 0,48 | -0,0448 | -0,0116 | 0,0463 |
| 0,51 | -0,0439 | -0,00839 | 0,0447 |
| 0,54 | -0,0431 | -0,00536 | 0,0434 |
| 0,57 | -0,0422 | -0,00251 | 0,0422 |
| 0,60 | -0,0412 | 0,000175 | 0,0412 |

3.3 Определение оптимальных параметров настройки регулятора

Расчётные формулы корневого метода для ПИ-регулятора имеют следующий вид:

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

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

где K_p – коэффициент передачи ПИ – регулятора, T_u – постоянная интегрирования ПИ – регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 0,6$ с⁻¹ с шагом $\Delta\omega = 0,03$ с⁻¹, определим настройки регулятора $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p в заданном диапазоне частот.

Результаты расчётов сведём в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчёта кривой заданного запаса устойчивости

| Частота ω , с-1 | K_p | $K_p/T_{и}$ |
|------------------------|-------|-------------|
| 0 | -3,33 | 0 |
| 0,03 | -1,20 | 0,0766 |
| 0,06 | 0,982 | 0,288 |
| 0,09 | 3,18 | 0,607 |
| 0,12 | 5,37 | 1,01 |
| 0,15 | 7,52 | 1,46 |
| 0,18 | 9,62 | 1,93 |
| 0,21 | 11,6 | 2,41 |
| 0,24 | 13,5 | 2,86 |
| 0,27 | 15,3 | 3,26 |
| 0,30 | 17,0 | 3,60 |
| 0,33 | 18,5 | 3,84 |
| 0,36 | 19,8 | 3,98 |
| 0,39 | 21,0 | 3,99 |
| 0,42 | 22,0 | 3,88 |
| 0,45 | 22,9 | 3,61 |
| 0,48 | 23,5 | 3,20 |
| 0,51 | 24,0 | 2,62 |
| 0,54 | 24,2 | 1,89 |
| 0,57 | 24,3 | 0,986 |
| 0,60 | 24,2 | -0,0757 |

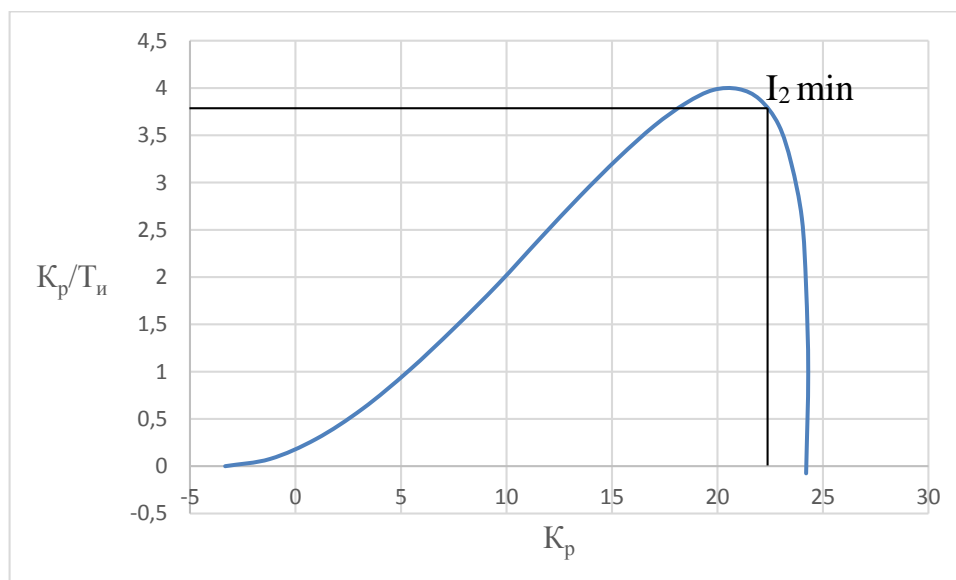


Рисунок 3.4 – Кривая заданного запаса устойчивости

Полученная кривая является линией заданной степени затухания $\Psi = \Psi_{зад} = 0,95$ процесса регулирования, что соответствует степени

колебательности $m=0,477$. Таким образом, все значения $\frac{K_p}{T_u}$ и K_p , лежащие на этой кривой, обеспечивают определенную степень затухания (в данном случае $\Psi = \Psi_{зад}=0,95$).

3.4 Определение оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на рисунке 3.4, до достижения экстремума принятого критерия качества. В качестве принятого критерия качества указан второй интегральный критерий.

Для апериодических и колебательных переходных процессов целесообразно применять квадратичную интегральную оценку типа:

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt$$

Минимуму данной интегральной оценки соответствует точка $0,95 \cdot \max(K_p/T_u)$ на линии заданного запаса устойчивости в сторону большего значения частоты (правее максимума).

Используя данные таблицы 3.2 и рисунка 3.4, определяем значение $\max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 3,88$, тогда получим следующие оптимальные параметры настройки ПИ – регулятора:

$0,95 \cdot \max\left(\frac{K_p}{T_u}\right) = 3,686$, из рисунка 3.4 определяем соответствующие

параметры настройки:

$$K_p = 22,337 \text{ и } \frac{K_p}{T_u} = 3,686$$

Резонансная частота замкнутой системы $\omega_{рез} = 0,065 \text{ с}^{-1}$.

Определим постоянную интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}} = \frac{22,337}{3,686} = 6,05 \text{ с.}$$

3.5 Расчёт, построение и оценка качества переходных процессов в замкнутой АСР при возмущении f , идущем по каналу возмущающего воздействия

3.6 Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Передаточная функция имеет вид:

$$W_{s-y} = \frac{W_{об}(p) \cdot W_p(p)}{1 + W_{об}(p) \cdot W_p(p)},$$

где $W_{об}(p)$ - передаточная функция объекта, $W_p(p)$ - передаточная функция регулятора.

Используя программу MathCad, предварительно задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 7 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,35 \text{ с}^{-1}$, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР по каналу задающего воздействия: $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$. Результаты расчёта сведём в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчета ВЧХ замкнутой системы

| частота $\omega, \text{с}^{-1}$ | $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$ |
|---------------------------------|----------------------------|
| 0 | 1,00 |
| 0,35 | 0,670 |
| 0,70 | -0,966 |
| 1,05 | -0,263 |
| 1,40 | -0,00322 |
| 1,75 | 0,0975 |
| 2,10 | 0,129 |
| 2,45 | 0,118 |
| 2,80 | 0,0743 |
| 3,15 | 0,00550 |
| 3,50 | -0,0640 |
| 3,85 | -0,0945 |

Продолжение таблицы 3.3

| | |
|------|----------|
| 4,20 | -0,0695 |
| 4,55 | -0,0169 |
| 4,90 | 0,0296 |
| 5,25 | 0,0545 |
| 5,60 | 0,0553 |
| 5,95 | 0,0346 |
| 6,30 | 0,000272 |
| 6,65 | -0,0341 |
| 7,00 | -0,0499 |

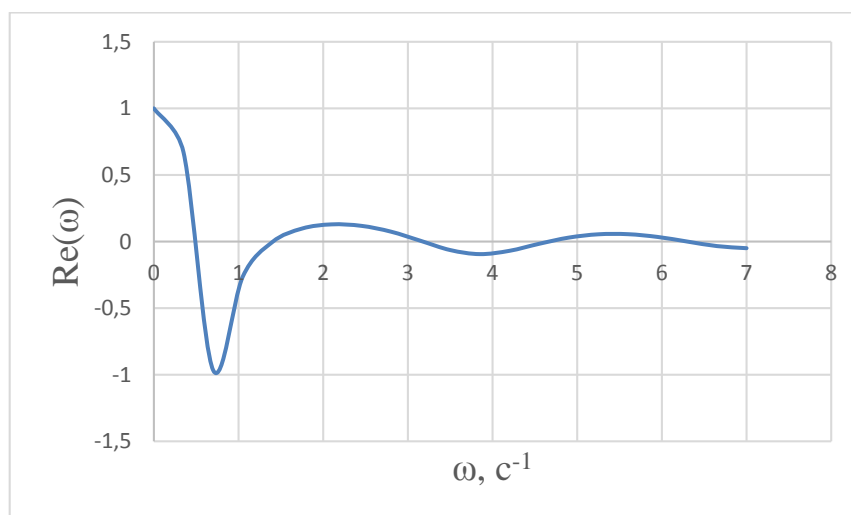


Рисунок 3.5 – График ВЧХ замкнутой системы

Переходный процесс по каналу задающего воздействия рассчитываем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,1} \frac{Re_{з.с}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega,$$

где 0,1 частота среза, при которой график $Re(\omega)$ стремится к 0, определяется эта частота из графика ВЧХ.

Задав диапазон изменения времени переходного процесса $t=0 \div 48$ с шагом $\Delta t=1$ с, рассчитываем переходный процесс в замкнутой АСР. Результаты расчета представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты расчёта переходного процесса в замкнутой АСР

| время t, с | y(t) |
|------------|----------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0,004744 |
| 2 | 0,02214 |
| 3 | 0,3586 |
| 4 | 0,7480 |
| 5 | 1,116 |
| 6 | 1,381 |
| 7 | 1,520 |
| 8 | 1,540 |
| 9 | 1,472 |
| 10 | 1,355 |
| 11 | 1,224 |
| 12 | 1,103 |
| 13 | 1,010 |
| 14 | 0,9504 |
| 15 | 0,9238 |
| 16 | 0,9230 |
| 17 | 0,9384 |
| 18 | 0,9612 |
| 19 | 0,9842 |
| 20 | 1,003 |
| 21 | 1,017 |
| 22 | 1,022 |
| 23 | 1,022 |
| 24 | 1,019 |
| 25 | 1,013 |
| 26 | 1,007 |
| 27 | 1,002 |
| 28 | 0,9982 |
| 29 | 0,9962 |
| 30 | 0,9956 |
| 31 | 0,9962 |
| 32 | 0,9970 |
| 33 | 0,9982 |
| 34 | 0,9994 |
| 35 | 1,000 |
| 36 | 1,001 |
| 37 | 1,001 |
| 38 | 1,001 |
| 39 | 1,001 |

Продолжение таблицы 3.4

| | |
|----|--------|
| 40 | 1,000 |
| 41 | 1,000 |
| 42 | 1,000 |
| 43 | 1,000 |
| 44 | 0,9994 |
| 45 | 0,9994 |
| 46 | 1,000 |
| 47 | 1,000 |
| 48 | 1,000 |

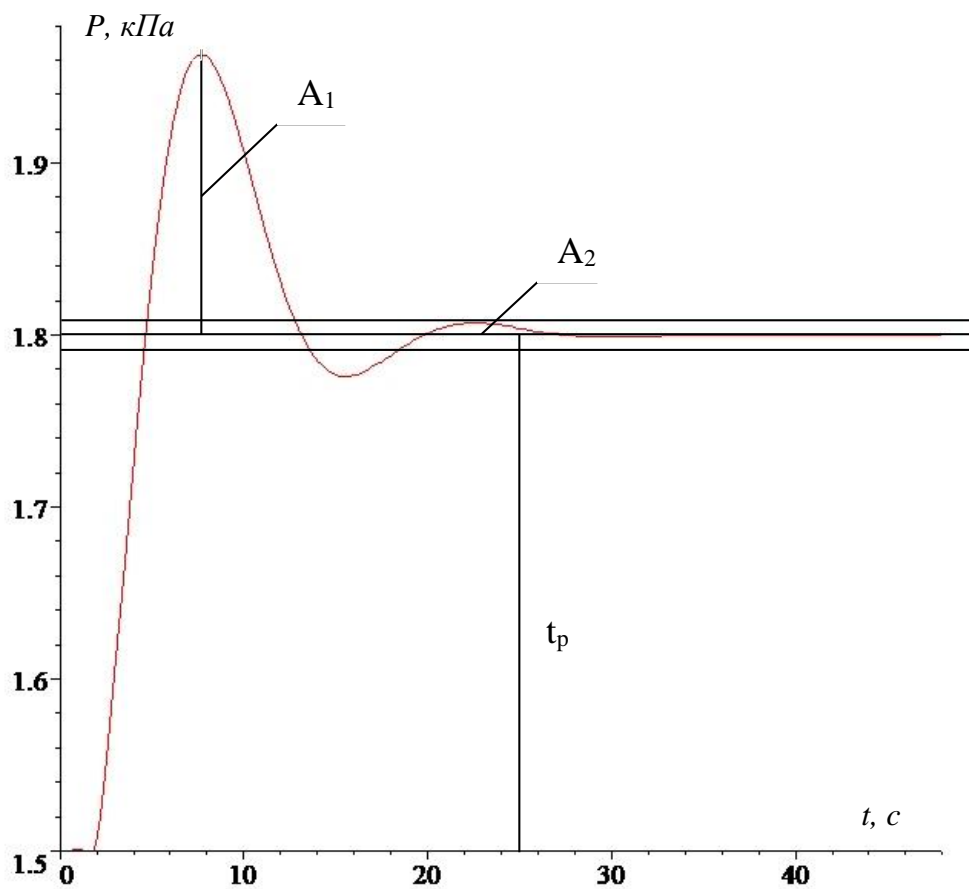


Рисунок 3.6 - Результат расчёта переходного процесса в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

3.7 Оценка качества регулирования

Под качеством регулирования понимают совокупность показателей

или критериев, позволяющих оценить характер отклонения регулируемой величины под действием изменяющихся возмущений и судить о том, насколько система удовлетворяет поставленным требованиям при заданных конкретных ограничениях.

Используя данные таблицы 3.4 и рисунка 3.6, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР.

Прямые критерии качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:

$$A_1=0,162;$$

2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100 \% = \frac{0,162}{1} \cdot 100 \% = 16,2 \% ,$$

где $y(\infty)$ - уровень установившегося значения регулируемой величины при времени переходного процесса t ;

3. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,011}{0,162} = 0,93$$

где $A_2 = 0,011$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

4. Статическая ошибка:

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

где S – сигнал задающего воздействия;

5. Время регулирования:

$$t_p = 25 \text{ с}$$

где при величине $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$.

3.8 Переходный процесс при возмущении f , идущем по каналу возмущающего воздействия

Для построения переходного процесса нужно составить передаточную

функцию системы по каналу регулирующего воздействия и по программе Mathcad рассчитать ВЧХ системы.

$$W_{f-y}(p) = \frac{W_{об}(p)}{1 + W_{об}(p) \cdot W_p(p)},$$

Задав диапазон изменения частоты $\omega = 0 \div 8 \text{ с}^{-1}$ с шагом $\Delta\omega = 0,4 \text{ с}^{-1}$, рассчитываем вещественную частотную характеристику замкнутой АСР: $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$. Результаты расчёта сведём в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчета ВЧХ системы

| частота $\omega, \text{с}^{-1}$ | $\text{Re}_{з.с.}(\omega)$ |
|---------------------------------|----------------------------|
| 0 | 0 |
| 0,4 | 0,0342 |
| 0,8 | -0,0319 |
| 1,2 | -0,00718 |
| 1,6 | 0,00201 |
| 2,0 | 0,00525 |
| 2,4 | 0,00548 |
| 2,8 | 0,00354 |
| 3,2 | 0,0000176 |
| 3,6 | -0,00336 |
| 4,0 | -0,00404 |
| 4,4 | -0,00192 |
| 4,8 | 0,000708 |
| 5,2 | 0,00230 |
| 5,6 | 0,00249 |
| 6,0 | 0,00141 |
| 6,4 | -0,000412 |
| 6,8 | -0,00194 |
| 7,2 | -0,00210 |
| 7,6 | -0,000921 |
| 8,0 | 0,000591 |

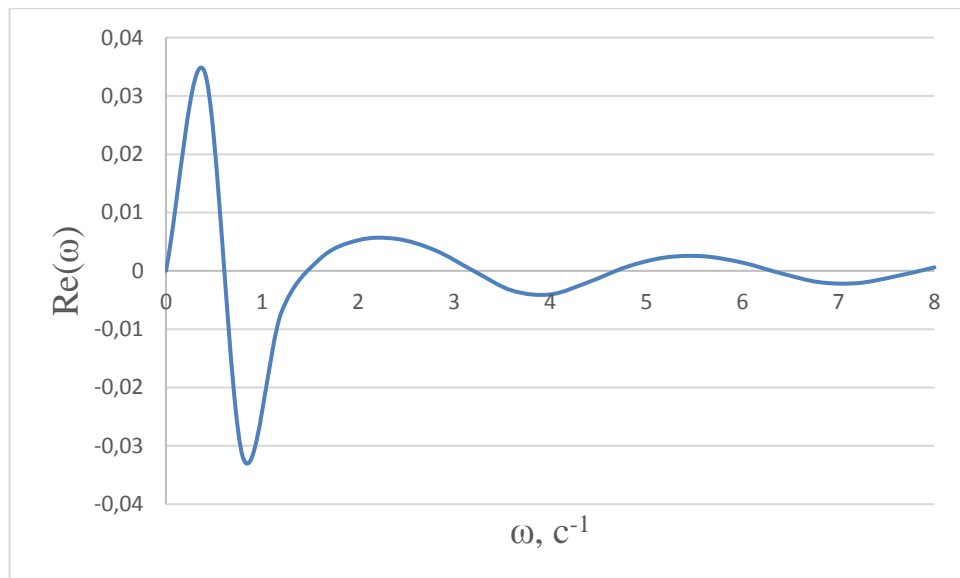


Рисунок 3.7 – График ВЧХ замкнутой системы

Переходный процесс по каналу возмущающего воздействия рассчитаем по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,1} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega,$$

где 0,1 частота среза определяемая из графика ВЧХ изображенного на рисунке 3.7. Задав диапазон изменения времени переходного процесса $t=0 \div 48$ с шагом $\Delta t=1$ с, рассчитываем переходный процесс АСР по каналу регулирующего воздействия. Результаты представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчета переходного процесса АСР по каналу возмущающего воздействия

| время t, с | y(t) |
|------------|-----------|
| 0 | 0 |
| 1 | 0,0002128 |
| 2 | 0,0009900 |
| 3 | 0,01479 |
| 4 | 0,02856 |
| 5 | 0,03916 |
| 6 | 0,04386 |
| 7 | 0,04262 |
| 8 | 0,03674 |

Продолжение таблицы 3.6

| время t, с | y(t) |
|------------|---------------|
| 9 | 0,02816 |
| 10 | 0,01890 |
| 11 | 0,01052 |
| 12 | 0,003932 |
| 13 | -0,0004904 |
| 14 | -0,002836 |
| 15 | -0,003482 |
| 16 | -0,002966 |
| 17 | -0,001856 |
| 18 | -0,0006250 |
| 19 | 0,0004226 |
| 20 | 0,001141 |
| 21 | 0,001492 |
| 22 | 0,001508 |
| 23 | 0,001274 |
| 24 | 0,0009110 |
| 25 | 0,0005322 |
| 26 | 0,0002102 |
| 27 | -0,00002892 |
| 28 | -0,0001802 |
| 29 | -0,0002440 |
| 30 | -0,0002306 |
| 31 | -0,0001685 |
| 32 | -0,00009440 |
| 33 | -0,00003252 |
| 34 | 0,00001372 |
| 35 | 0,00004846 |
| 36 | 0,00006900 |
| 37 | 0,00006894 |
| 38 | 0,00005080 |
| 39 | 0,00002840 |
| 40 | 0,00001364 |
| 41 | 0,000005790 |
| 42 | -0,000002654 |
| 43 | -0,00001291 |
| 44 | -0,00001790 |
| 45 | -0,00001316 |
| 46 | -0,000004324 |
| 47 | -0,0000003090 |
| 48 | -0,000002136 |

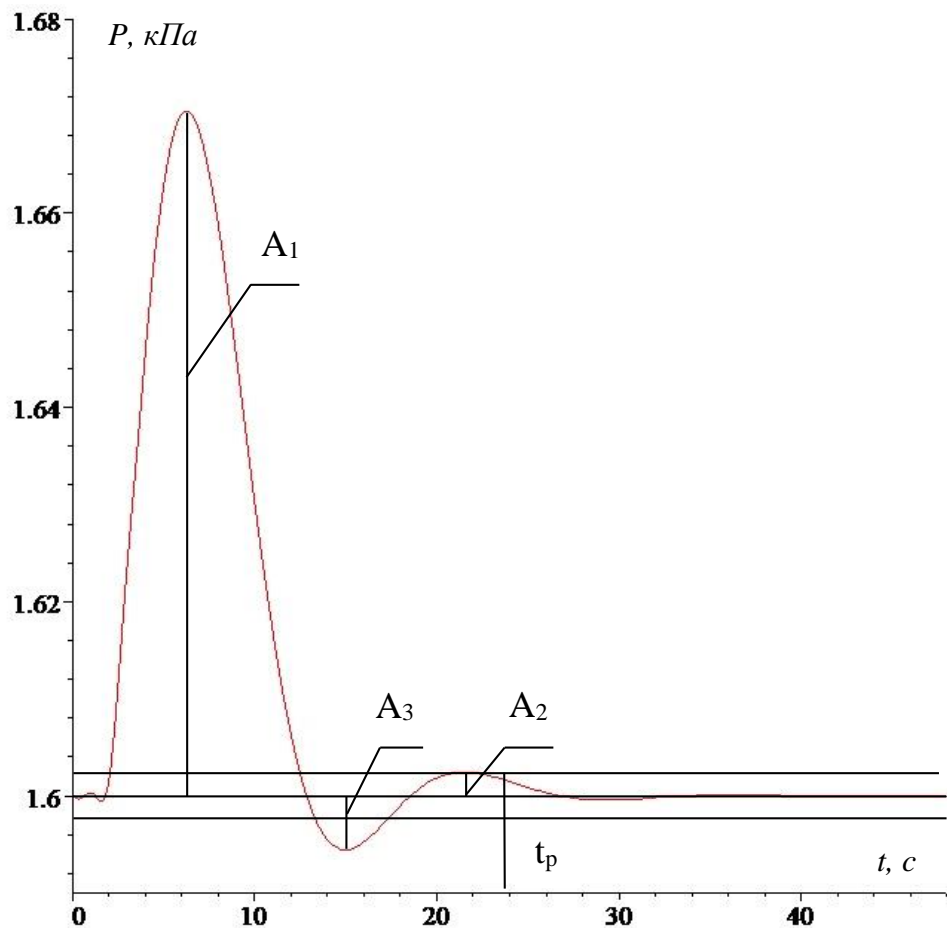


Рисунок 3.8 - График переходного процесса в АСР по каналу возмущающего воздействия

Используя данные таблицы 3.6 и рисунка 3.8, произведём оценку качества переходного процесса в замкнутой АСР по каналу возмущающего воздействия.

Прямые критерии качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:

$$A_1 = 0,071;$$

2. Перерегулирование:

$$\sigma = \frac{A_3}{A_1} \cdot 100 \% = \frac{0,006}{0,071} \cdot 100 \% = 8,45 \%,$$

где $A_3 = 0,0038$ - первое минимальное отклонение регулируемой величины;

3. Динамический коэффициент регулирования R_d :

$$R_{\mathcal{L}} = \frac{A_1 + y(\infty)}{K_{об}} \cdot 100 \% = \frac{0,071 + 0}{0,3} \cdot 100 \% = 23,66 \% ,$$

где $K_{об} = 0,3$ - коэффициент передачи объекта;

4. Степень затухания переходного процесса:

$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,002}{0,071} = 0,96 ,$$

где $A_2 = 0,002$ - второй максимальный выброс регулируемой величины;

5. Статическая ошибка:

$$\varepsilon_{СТ} = y(\infty) = 0 ;$$

6. Время регулирования:

$$t_p = 23 \text{ с}$$

где при величине $\delta = 0,05 \cdot K_{об} = 0,015$.

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

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5Б7В | Мансурову Дмитрию Руслановичу |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|---|
| Школа | ИШЭ | Отделение школы (НОЦ) | И. Н. Бутакова |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/специальность | 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» |

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

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Бюджет проекта – не более 373597 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 61127 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,7 баллов из 5. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2% |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | - Описание потенциальных потребителей. - SWOT-анализ. |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований | - Планирование работ и оценки их выполнения; - Разработка диаграммы Ганта; - Формирование бюджета затрат. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | - Оценка ресурсоэффективности проекта |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИ

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 29.01.2021 |
|---|------------|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| доцент ОСГН ШБИП ТПУ | Клемашева Елена Игоревна | канд.экон.наук | | 29.01.2021 |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 5Б7В | Мансуров Дмитрий Русланович | | 29.01.2021 |

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением ряда задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения технологического проекта;
- планирование технико – конструкторских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной и экономической эффективности проекта.

4.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Учитывая, что разрабатываемая АСР рассчитана на конкретные параметры парового котла, то в данном случае потенциальным потребителем такой разработки является энергетическая промышленность, объекты ЖКХ, лаборатории. В том числе тепловые электростанции, имеющие в составе энергоблоки, параметры которых, соответствуют параметрам разрабатываемой системы.

К ним относятся энергоблоки, имеющие в составе котлоагрегаты П-образная двухкорпусная симметричная с паропроизводительностью до 420 т/ч. Такой энергоблок имеется в составе НПО Внедрение Энергосберегающих Технологий ООО, г. Томск и др. Сегментирование рынка проводится по сфере использования и по размеру компании-заказчика. Карта сегментирования приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования

| | | Сфера использования | | |
|--------------------|---------|--------------------------|-------------|-------------|
| | | Промышленные предприятия | Объекты ЖКХ | Лаборатории |
| Размер организации | Крупные | + | + | + |
| | Средние | + | + | + |
| | Мелкие | + | + | + |

В приведенной карте сегментирования показано, что для реализации разработки подходят, как и крупные, и средние, и мелкие промышленные предприятия, объекты ЖКХ, лаборатории.

Для использования в крупных организациях требуется внедрить поддержку промышленных сетей и настроить взаимодействия со SCADA-системами.

4.2 Разработка SWOT-анализа системы АСР

SWOT-анализ представляет собой комплексное исследование технологического проекта. Его применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проектируемой АСР разрежения, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также предполагаемые возможности и угрозы.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT. При организации матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

| | Сильные стороны проекта: | Слабые стороны проекта: |
|--|---|--|
| | <p>С1.Высокая экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2.Экологичность технологии.</p> <p>С3.Квалифицированный персонал.</p> <p>С4.Повышение безопасности производства.</p> <p>С5.Уменьшение затрат на ремонт оборудования.</p> | <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с оборудованием.</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл3. Трудность монтажа системы.</p> <p>Сл4. Дороговизна оборудования.</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение затрат на таможенные пошлины за счет малого количества иностранных компонентов</p> <p>В4. Увеличение производительности энергоблоков</p> | <p>Высокая экономичность и энергоэффективность технологии, экологичность технологии, квалифицированный персонал и повышение безопасности производства позволяют обеспечить использование инновационной инфраструктуры предприятия и увеличение производительности энергоблоков.</p> | <p>Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с оборудованием и отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца могут затруднить появление дополнительного спроса на новый продукт. Увеличение производительности энергоблоков может привести к трудности монтажа системы и дороговизне оборудования.</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на технологии производства</p> <p>У2. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции</p> <p>У4. Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства</p> | <p>Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства отрицательно влияет на высокую экономичность и энергоэффективность технологии, на экологичность технологии и может повлечь увеличение затрат на ремонт оборудования.</p> | <p>Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с оборудованием, отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца, трудность монтажа системы и дороговизна оборудования в совокупности могут вызвать отсутствие спроса на технологии производства.</p> |

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

- С – сильные стороны проекта;
- Сл – слабые стороны проекта;
- В – возможности;
- У – угрозы;
- «+», «-» – сильное, слабое соответствие.

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 4.3 и 4.4, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют достаточно низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица возможностей

| | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| Возможности проекта | Сильные стороны проекта | | | | | |
| | | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 |
| | В1 | + | + | + | + | 0 |
| | В2 | + | - | - | - | 0 |
| | В3 | - | - | - | - | + |
| | В4 | + | + | + | + | - |
| | Слабые стороны проекта | | | | | |
| | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | |
| | В1 | 0 | - | - | - | |
| | В2 | + | + | - | - | |
| | В3 | - | - | - | + | |
| | В4 | 0 | 0 | + | + | |

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица угроз

| | | | | | | |
|--------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| Угрозы | Сильные стороны проекта | | | | | |
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | У1 | - | - | + | 0 | 0 |
| | У2 | - | - | - | - | 0 |
| | У3 | - | - | - | - | + |
| | У4 | + | + | 0 | 0 | + |
| | Слабые стороны проекта | | | | | |
| | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | |
| | У1 | + | + | + | + | |
| | У2 | 0 | 0 | 0 | + | |
| | У3 | 0 | + | - | + | |
| | У4 | 0 | + | - | + | |

Из выше приведенных результатов можно сделать вывод, что разрабатываемая система имеет как сильные, так и слабые стороны, однако слабые стороны по сравнению с сильными не существенны. Помимо того угрозы достаточно малы, что говорит о высокой надежности проекта.

4.3 Планирование технического проекта

Целью технико–экономического обоснования является оценка экономической целесообразности осуществления проекта по автоматической системе регулирования разрежения парового котла П-50.

В данном разделе было произведено планирование технического проекта. Приведен перечень этапов, работ и распределение исполнителей, а также разработан календарный план–график проведения работ. Далее приведен расчет затрат на разработку данного проекта, в котором были учтены материальные затраты проекта, основная заработная плата исполнителей, отчисления в социальные страховые фонды и накладные

расходы. По окончании расчетов была составлена смета затрат технического проекта.

При проектировании АСР была выбрана оптимальная система регулирования на базе аппаратуры АКЭСР–2, которая включает в себя регулирующие устройства, функциональные блоки и устройства оперативного управления.

4.3.1 Структура работ в рамках технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- распределение структуры работ в рамках инженерного проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения инженерного проектирования.

Порядок составления этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | Наименование работ | Должность исполнителя |
|---------------------------------|--|-----------------------|
| Разработка технического задания | Составление и утверждение технического задания на проект | Руководитель |
| Выбор направления исследований | Подбор и изучение материалов по теме | Исполнитель |
| | Выбор направления исследований | Руководитель |

Продолжение таблицы 4.5

| | | |
|---|---|--------------|
| | | Исполнитель |
| Теоретические и экспериментальные исследования | Проведение теоретических расчетов и обоснований | Исполнитель |
| | Описание технологической схемы объекта | Исполнитель |
| | Проведение инженерных расчетов | Исполнитель |
| Разработка технической документации и проектирование | Проектирование и разработка схемы автоматизации | Руководитель |
| | | Исполнитель |
| | Разработка общего вида щита | Исполнитель |
| | | Руководитель |
| Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | Исполнитель | |
| Разработка разделов по финансовому менеджменту и социальной ответственности | Проведение технико-экономического обоснования | Исполнитель |
| | Оценка социальной ответственности | Исполнитель |
| Оформление пояснительной записки и защита ВКР | Составление пояснительной записки (ПЗ) | Исполнитель |
| | Предварительная проверка ПЗ | Руководитель |
| | Исправление замечаний | Исполнитель |
| | Защита ВКР | Исполнитель |

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из исполнителей технического проекта.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.–дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.–дн.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, рассчитывается по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.–дн.

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

Результаты расчетов трудоемкости и продолжительности каждой работы приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения технического проекта

| Наименование работ | Трудоёмкость работ, чел.–дн. | | | | | | Длительность работ в рабочих днях, Т _р | |
|--|---------------------------------|--------|------------------------------|--------|------------------------|--------|--|--------|
| | Мин. возможная трудоёмкость | | Макс. возможная трудоёмкость | | Ожидаемая трудоёмкость | | | |
| | Рук-ль | Исп-ль | Рук-ль | Исп-ль | Рук-ль | Исп-ль | Рук-ль | Исп-ль |
| Составление и утверждение технического задания на проект | 2 | - | 1 | - | 1 | - | 1 | - |
| Подбор и изучение материалов по теме | - | 10 | - | 15 | - | 12 | - | 12 |
| Выбор направления исследований | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | - | 6 | - | 8 | - | 7 | - | 7 |
| Описание технологической схемы объекта | - | 8 | - | 12 | - | 10 | - | 10 |
| Проведение инженерных расчетов | - | 9 | - | 16 | - | 12 | - | 12 |
| Проектирование и разработка схемы автоматизации | 6 | 13 | 10 | 18 | 8 | 15 | 8 | 15 |
| Разработка общего вида щита | 5 | 8 | 8 | 12 | 6 | 10 | 6 | 10 |
| Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | - | 2 | - | 4 | - | 3 | - | 3 |
| Проведение технико-экономического обоснования | - | 10 | - | 15 | - | 12 | - | 12 |
| Оценка социальной ответственности | - | 5 | - | 7 | - | 6 | - | 6 |
| Составление пояснительной записки (ПЗ) | - | 5 | - | 12 | - | 8 | - | 8 |
| Предварительная проверка ПЗ | 4 | - | 6 | - | 5 | - | 5 | - |
| Исправление замечаний | - | 3 | - | 6 | - | 4 | - | 4 |
| Защита ВКР | - | 1 | - | 1 | - | 1 | - | 1 |
| Общее количество рабочего времени, потраченное каждым исполнителем | | | | | | | 27 | 94 |

4.3.3 Разработка графика проведения технического проекта

Построение ленточного графика при помощи диаграммы Ганта является наиболее удобным и наглядным способом проведения технического проекта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе таблицы 4.6 строится календарный план–график проведения технического проекта (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Календарный план–график проведения технического проекта

| Вид работ | Исполнители | T_p , раб. дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------|------------------------|------------------------------------|---|---|------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|---|---|
| | | | февраль | | | март | | | апрель | | | май | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | |
| Составление и утверждение технического задания на проект | Руководитель | 1 | █ | | | | | | | | | | | | | |
| Подбор и изучение материалов по теме | Исполнитель | 12 | | █ | █ | | | | | | | | | | | |
| Выбор направления исследований | Руководитель | 0,5 | | | █ | | | | | | | | | | | |
| | Исполнитель | 0,5 | | | █ | | | | | | | | | | | |
| Проведение теоретических расчетов и обоснований | Исполнитель | 7 | | | █ | █ | | | | | | | | | | |
| Описание технологической схемы объекта | Исполнитель | 10 | | | | █ | █ | | | | | | | | | |
| Проведение инженерных расчетов | Исполнитель | 12 | | | | | █ | █ | | | | | | | | |
| Проектирование и разработка схемы автоматизации | Руководитель | 8 | | | | | | █ | | | | | | | | |
| | Исполнитель | 15 | | | | | | █ | █ | | | | | | | |
| Разработка общего вида щита | Руководитель | 6 | | | | | | | █ | | | | | | | |
| | Исполнитель | 10 | | | | | | | █ | █ | | | | | | |
| Разработка заказной спецификации приборов и средств автоматизации | Исполнитель | 3 | | | | | | | | █ | | | | | | |
| Проведение технико-экономического обоснования | Исполнитель | 12 | | | | | | | | | █ | █ | | | | |
| Оценка социальной ответственности | Исполнитель | 6 | | | | | | | | | | █ | █ | | | |
| Составление пояснительной записки (ПЗ) | Исполнитель | 8 | | | | | | | | | | | █ | █ | | |
| Предварительная проверка ПЗ | Руководитель | 5 | | | | | | | | | | | | █ | | |
| Исправление замечаний | Исполнитель | 4 | | | | | | | | | | | | | █ | █ |
| Защита ВКР | Исполнитель | 1 | | | | | | | | | | | | | | █ |

Обозначения:

 – исполнитель  – руководитель

В ленточном графике описывается проведение 5 этапов за 94 дней. Начало работ приходится на первую декаду февраля, конец работ определен на вторую декаду мая. Всего в работе участвуют два человека: руководитель и исполнитель. Этапы работ в основном ведутся последовательно.

4.3.4 Затраты на разработку технического проекта

При планировании сметы проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы проекта используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты проекта;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.5 Затраты на специальное оборудование

Сумма расходов на специальное оборудование приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Затраты на специальное оборудование

| Наименование | Количество | Цена за ед., руб. | Общая стоимость, руб |
|---|------------|-------------------|----------------------|
| Преобразователь избыточно-вакууметрического давления «ОВЕН», ПД200-ДИ | 1 | 26000 | 26000 |
| Вихревой расходомер «Теплоком», ЭМИС-ВИХРЬ 200 | 1 | 45000 | 45000 |
| Газоанализатор КГА-8С | 1 | 9600 | 9600 |
| Диафрагма камерная ДКС-10-100 | 1 | 3750 | 3750 |
| Преобразователь разности давлений, Метран 43Ф-Вн-ДД-3494 | 1 | 12000 | 12000 |
| Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3 | 3 | 5123 | 15369 |
| Механизм электроисполнительный многооборотный, МЭМ-40/25-10 | 3 | 21900 | 65700 |
| ОВЕН ПЛК 160 | 1 | 31200 | 31200 |
| Итого | | | 208619 |

Первоначальная стоимость с учетом затрат на доставку и монтаж составляет:

$$C_{ml} = 208619 \cdot 1,14 = 237825 \text{ руб.}$$

В результате определения цены на специальное оборудование для системы регулирования, рассчитана первоначальная стоимость.

С учетом транспортных расходов и затрат на монтаж и специального оборудования на проектирование цена выбранных комплектов составляет 237825 руб.

4.3.6 Расчет амортизационных отчислений

Расчет амортизационных отчислений для полного восстановления основных фондов производится по нормам амортизации, утвержденным в порядке, установленном действующим законодательством, и определяется в зависимости от стоимости оборудования. Для проектирования требуется следующее оборудование:

- компьютер – 41000 рублей

$$I_{ам} = \frac{T_{ис}}{T_{г}} \times \frac{1}{T_{сл}} \times C_{обор} = \frac{150}{365} \times \frac{1}{3} \times 41000 = 5560 \text{ рублей}$$

где $T_{ис}$ – время использования оборудования = 150 дней;

$T_{г}$ – количество использования в год = 365 дней;

$C_{обор}$ – стоимость оборудования;

$T_{сл}$ – срок службы оборудования = 3 лет

- Вихревой расходомер «Теплоком», ЭМИС-ВИХРЬ 200 – 45000 рублей

$$I_{ам} = \frac{T_{ис}}{T_{г}} \times \frac{1}{T_{сл}} \times C_{обор} = \frac{150}{365} \times \frac{1}{4} \times 45000 = 4623 \text{ рублей}$$

где $T_{ис}$ – время использования оборудования = 150 дней;

$T_{г}$ – количество использования в год = 365 дней;

$C_{обор}$ – стоимость оборудования;

$T_{сл}$ – срок службы оборудования = 4 лет

4.3.7 Основная заработная плата исполнителей технического проекта

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых созданием технического проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + D + D_p}{F_{\text{д}}}, \quad (3)$$

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

D – надбавка, равная 2200 руб.;

D_p – сумма, учитывающая районное регулирование, равная 30 % от $(Z_{\text{тс}} + D)$.

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени персонала,

$F_{\text{д}} = 26$ раб. дн.

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 4.5);

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

Зарплата исполнителя, участвующего в разработке проекта:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $Z_{\text{осн}}$).

Результаты расчета заработной платы исполнителей технического проекта сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Результаты расчета заработной платы исполнителей технического проекта

| Исполнители | Оклад, руб. | Надбавка, руб. | Район-ный Коэффициент, руб | Средне-дневная зар. плата, руб. | Продолжительность работ, раб. дн. | Основная зар. плата, руб. | Дополнительная зар.плата, руб. | Полная зар. плата, руб. |
|--------------|-------------|----------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Руководитель | 23255 | 2200 | 7045 | 1250 | 27 | 33787 | 5062 | 38839 |
| Исполнитель | 13732 | - | 2407 | 401 | 94 | 16634 | 5654 | 22288 |
| Итого | | | | | | | | 61127 |

4.3.8 Отчисления во внебюджетные фонды

В данном разделе отражается размер обязательных отчислений по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды составляет 30,2 % от оплаты труда:

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot 82,2 = 24824 \text{ руб.} \quad (6)$$

Накладные расходы определяются как 16 % от размера заработной платы и составят:

$$Z_{накл} = 0,16 \cdot 233,3 = 37328 \text{ тыс. руб.} \quad (7)$$

Прочие расходы определяются как 1% от суммы материальных затрат, затрат на оплату труда и социальных отчислений:

$$Z_{np}=0,01 \cdot (124 + 82,2 + 24,8) = 2300 \text{ тыс. руб.} \quad (8)$$

4.3.9 Смета затрат технического проекта

Смета затрат на технический проект приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет сметы затрат технического проекта

| Наименование статьи | Сумма, руб. | Структура затрат, % |
|---|---------------|---------------------|
| Материальные затраты | 237825 | 63,66 |
| Амортизационные отчисления | 10183 | 2,73 |
| Полная заработная плата исполнителей технического проекта | 61137 | 16,36 |
| Отчисления во внебюджетные фонды | 24824 | 6,64 |
| Накладные расходы | 37328 | 9,99 |
| Прочие расходы | 2300 | 0,62 |
| Себестоимость проекта | 373597 | 100,0 |

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят 373597 руб., из которых примерно 60 % составят затраты на оборудование, а 15 % – затраты по полной заработной плате исполнителей проекта.

4.4 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (9)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Сравнительная оценка характеристик исполнения проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Исп.1. | Исп.2. |
|---|---------------------|--------|--------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя | 0,10 | 5 | 4 |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,15 | 4 | 4 |
| 3. Помехоустойчивость | 0,15 | 5 | 3 |
| 4. Энергосбережение | 0,20 | 5 | 4 |
| 5. Надежность | 0,25 | 5 | 4 |
| 6. Материалоемкость | 0,15 | 4 | 4 |
| Итого: | 1,00 | 4,7 | 3,8 |

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп.1.} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,7.$$

$$I_{p-исп.2.} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,8.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5–бальной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- SWOT–анализ показывает сильные и слабые стороны проекта. Была проведена оценка надежности и возможностей проекта. Установлено, что разрабатываемая система имеет больше сильных сторон, чем слабых, а низкие вероятности угроз обеспечивают высокую надежность проекта;
- при планировании технико – экономического проекта был разработан график занятости для руководителя и дипломника, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оценить и спланировать рабочее время исполнителей, которое составило 94 дня;
- составление сметы технического проекта позволяет оценить затраты на реализацию технического проекта, которые составляют 373597 руб., в том числе затраты на приборы и средства автоматизации, которые составляют 237825 руб.;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному критерию, дает высокий результат (4,7 по 5–бальной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

По данному разделу можно сделать вывод о том, что реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность производства путем улучшения безопасности и внедрения более универсального оборудования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 5Б7В | Мансурову Дмитрию Руслановичу |

| | | |
|---------------------|---------------------------|---|
| Школа | Отделение (НОЦ) | И.Н. Бутакова |
| Уровень образования | Направление/специальность | 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» |
| | Бакалавриат | |

Тема ВКР:

| | |
|--|--|
| Автоматическая система регулирования разряжения в камере сгорания композиционного топлива | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Объектом исследования является АСР разрежения в камере сгорания композиционного топлива; Область применения: для потребления предприятиями промышленности. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | Отражены правовые нормы: - ТК РФ N 197-ФЗ; - Конституция РФ; - ГОСТ 12.0.003-2015; |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | Выявлены вредные и опасные факторы: - отклонение параметров микроклимата; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации; - поражение электрическим током; |
| 3. Экологическая безопасность: | Потенциальным негативным воздействием на ОС является воздействие на атмосферный воздух (выбросы CO ₂ , NO _x , SO ₂ при работе оборудования). |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможные ЧС: возгорания, взрывы, угрозы возгораний. Наиболее типичная ЧС: пожар, возгорание угольной пыли. |

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 29.01.2021 |
|--|------------|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|-----------|----------------------------|---------------------------|---------|------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент | Мезенцева Ирина Леонидовна | | | 29.01.2021 |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|--------|-----------------------------|---------|------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 5Б7В | Мансуров Дмитрий Русланович | | 29.01.2021 |

5. Социальная ответственность

К социальным вопросам на производстве относятся работы по охране труда, окружающей среды и в чрезвычайных ситуациях.

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Главной задачей охраны труда является создание условий для безопасной трудовой деятельности человека, т. е. создание таких условий труда, которые исключают воздействия вредных факторов производства на рабочих.

В данной работе была спроектирована система разряжения топлива в топке котла. Для обеспечения работоспособности системы необходим оператор, который будет отслеживать разряжение композиционного топлива в топке котла, и производить обслуживание системы.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса.

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ [10] каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов;
- на возмещение вреда, причиненного увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей;
- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя и др.

Применение вентиляционных установок и систем кондиционирования воздуха должны быть обоснованы расчетом, подтверждающим обеспечение воздухообмена, температуры и состояния воздушной среды.

Вентиляционные установки и системы кондиционирования воздуха должны проходить техническое обслуживание и планово-предупредительный ремонт, а также периодические технические и санитарно-гигиенические испытания.

К работе с персональными электронно-вычислительными машинами (ЭВМ) допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- медосмотр и не имеющие противопоказаний (для лиц, работающих с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ),
- вводный и первичный инструктаж по охране труда с обучением безопасным методам и приемам выполнения работ;
- стажировку на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе;
- инструктаж на 1 квалификационную группу по электробезопасности.

Повторный инструктаж по охране труда для всех сотрудников предприятия проводится не реже 1 раза в 6 месяцев.

5.2. Производственная безопасность

Производственная безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

При проведении исследований и дальнейшей разработки проектируемого решения согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [11], в таблице 5.1 приведен перечень возможных опасных и вредных факторов.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) | Этапы работы | | | Нормативные документы |
|--|-----------------|-------------------|------------------|--|
| | Разра- ботка | Изготов- ление | Эксплу- тация | |
| 1.Отклонение показателей микроклимата | + | + | + | СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [12]. |
| 2.Превышение уровня шума | - | + | + | ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 2146-ст), Введ. 1.11.2015 [13]; |
| 3.Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | + | + | СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [14]. |
| 4.Превышение уровня вибрации | - | - | + | ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования [15]. |
| 5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | + | + | + | ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [16]. |

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Отклонение параметров микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабину на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в табл. 5.2 для отдельных категорий работ.

Таблица 5.2 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|-------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Холодный | Пб (233-290) | 17–19 | 16-20 | 60-40 | 0,2 |
| Теплый | Пб (233-290) | 19–21 | 18-22 | 60-40 | 0,2 |

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведённым в табл. 5.3 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и тёплый периоды года [12],

Таблица 5.3 – Допускаемые величины показателей микроклимата на рабочих местах

| Период года | Категория работ | Температура воздуха | | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|---|---|
| | | ниже оптимальных величин | выше оптимальных величин | | для температур воздуха ниже оптимальных величин, не более | для температур воздуха выше оптимальных величин, не более |
| Холодный | Пб | 15,0-16,9 | 19,1-22,0 | 14,0-23,0 | 0,2 | 0,4 |
| Теплый | Пб | 16,0-18,9 | 21,1-27,0 | 15,0-28,0 | 0,2 | 0,5 |

Повышенный уровень шума

Повышенный уровень шума возможен за счет наличия в помещении большого количества различного производственного оборудования. Известно, что данный фактор непосредственно ухудшает условия труда, оказывая на организм вредное воздействие. При длительном воздействии на организм, осуществляется воздействие на центральную и 91 вегетативную нервную системы человека, органы слуха, повышается кровяное давление, способствующее возникновению сердечно-сосудистых заболеваний.

Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах регламентирован документом. В таблице 5.4 указаны допустимые уровни шума.

Таблица 4 – Допустимые уровни шума ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 2146-ст), Введ. 1.11.2015 [13]

Таблица 5.4 – Допустимые уровни шума

| Вид трудовой деятельности, рабочее место | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. | 103 | 91 | 83 | 77 | 73 | 70 | 68 | 66 | 64 | 75 |
| Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и территории предприятий. | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Повышенный уровень вибрации

Такой вредный фактор как вибрация возникает в процессе эксплуатации котельного оборудования. Источниками вибрации являются вращающиеся части турбины, подвижные элементы электродвигателей. Для помещения оператора котельной вибрация соответствует 3 категории типа «в» - технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах или передающиеся на рабочие места, не имеющие источников вибрации [14]. Повышенная вибрация может оказывать влияние на увеличение кровяного давления, нарушения сна, обострения нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. В операторной вибрация не превышает предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 8 ч, которые в пересчете на эквивалентные значения составляют:

- по виброускорению – 0,145 м/сек² (100 дБ);
- по виброскорости – 0,12 м/с (75 дБ).

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет создает нормальные условия для трудовой деятельности. Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое и физиологическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы, искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света.

Так же используют совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Для достаточной освещенности помещений используется совмещенное использование источников света. Т.к. естественное освещение не создает требуемый уровень освещенности, то на рабочих местах предусмотрено использование разрядных ламп, повышающих освещенность до 700 лк.

Требуемый уровень освещенности для работ категории средней точности IV должен быть не ниже 300 лк при использовании комбинированного или 200 лк при естественного способа освещения [15].

Поражение электрическим током

В помещении с большим количеством аппаратуры, использующей однофазный электрический ток, промышленной частоты напряжением 220 В, есть вероятность электропоражения.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях [16]:

- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

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

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для предотвращения ожога при работе возле котельного агрегата необходима специализированная одежда, и выполнение техники безопасности для котельной.

Для предотвращения возможности поражения электрическим током соблюдаются требования:

- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов были заземлены;
- постоянное наблюдение за исправностью электропроводки;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели были запрещены;
- все работы по устранению неисправностей производятся квалифицированным персоналом.

Для уменьшения воздействия шума на организм человека были проведены следующие мероприятия:

- проверена точность сборки деталей при ремонте;
- предотвращена работа с перегрузкой и обрыв одной фазы электродвигателей, что обычно приводит к шуму.

Для уменьшения загазованности и влажности в помещении устанавливается вытяжная система. Помещение оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией с нижним и верхним отсосом, обеспечивающей равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного. Приточно-вытяжная вентиляция во всех помещениях работает постоянно, кроме летнего периода времени, что связано с остановкой котельной.

5.3. Экологическая безопасность

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

Следуя ГОСТ 50831-95 [17], выявлено, что среди опасных загрязняющих выбросов, таких как: монооксид углерода CO_2 оксидов азота NO_x , оксидов серы SO_x – нет превышения антропогенных выбросов.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Выбросы загрязняющих веществ предприятий теплоэнергетики, обусловленные процессами сгорания органического топлива, являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. Объемы вредных выбросов связаны с качеством и количеством сжигаемого топлива, полнотой его использования, а также эффективностью в целом работы источника теплоснабжения.

Наибольшую опасность для биосферы и для здоровья человека представляют не имеющие средств очистки дымовых газов многочисленные теплоисточники малой мощности, размещаемые, как правило, в пределах небольших населенных пунктов.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Антропогенные выбросы парниковых газов и загрязняющих веществ – один из основных факторов, обуславливающих изменение химического состава атмосферы и ее теплового баланса. Как показано в исследованиях, процессы добычи, переработки и сжигания органического топлива являются источником 80 % суммарных объемов выбросов в атмосферу, в том числе 90 % диоксида углерода, изменения содержания которого называют основной причиной современного повышения температуры.

Негативное влияние вредных компонентов на здоровье населения, флору и фауну, объекты и сооружения не ограничивается территорией, прилегающей к источникам выбросов, а распространяется на сотни и тысячи километров.

Поэтому в настоящее время загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для снижения количества выбросов необходимо контролировать расход воздуха в топку котла. Ведь при нехватке окислителя, возникает большой недожог, что приводит к увеличению количества золовидных отходов процесса сжигания топливной композиции. А при избытке воздуха образуются оксиды азота.

Регулирование температуры в топке котла является одним из важных аспектов в системе сжигания топлива, так как наибольшее влияние на образование оксида азота оказывает температура. Улавливание сернистых соединений в выбросах тепловых станций и различных производств является одним из наиболее сложных и трудоемких процессов по следующим причинам: количество выбрасываемых газов очень велико; поглощение

сернистых соединений сопровождается отложением солей кальция и магния на стенках труб, т.е, забиванием аппаратуры. Сероочистка угля и мазута разработана недостаточно и применяется в ограниченном объеме. Поэтому в мировой практике, как правило, очищают от серы дымовые газы, для чего применяют различные процессы. Их можно разделить на три главные группы: процессы с применением жидких поглотителей – абсорбционные (мокрые) и процессы, основанные на взаимодействии газа с твердым веществом – адсорбционные и каталитические (сухие). Преимущественно в этих процессах поглотителем служат известняк или известь.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

В настоящее время основными способами защиты населения, в том числе и производственного персонала, являются:

- Укрытие в защитных сооружениях.
- Проведение эвакуационных мероприятий.
- Использование средств индивидуальной защиты.

Существует ряд возможных чрезвычайных ситуаций:

- возгорание угля на складе;
- нарушение процесса горения в топке котла;
- поломка АСР, разница показаний в подаче угля и топлива;
- загорание сажистых отложений в газоходах котла.

Действия оператора:

В соответствии с «Правилами безопасности в газовом хозяйстве» (ст. 3.7.8), в случаях загорания горючих отложений в газоходах, оператор должен немедленно прекратить подачу газа на установку и произвести её аварийную остановку:

1. Немедленно прекратить подачу топлива и воздуха в топку; и снизить до нуля тягу, для этого:

1.1. остановить вентилятор и дымосос

1.2. закрыть шиберы за котлом, направляющие аппараты дымососа и вентилятора

2. Подать пар в топку и газоход котла через обдувочные устройства и через форсунки

3. Отключить котёл от паропровода

4. После прекращения горения в газоходе котла включить в работу дымосос и вентилятор

5. После выхода пара из газоходов провентилировать котёл в течение 15 минут при полностью открытых направляющих аппаратах вентилятора и дымососа

6. В случае последующего включения котла в работу, растопить его и работать при малых нагрузках, создать в газоходах повышенное разрежение и тщательно обдуть конвективные поверхности, экономайзер и газоходы котла.

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В котельной наибольшую опасность представляет возникновение возгорания. Поскольку топливо необходимо складировать, для дальнейшего сжигания, то существует вероятность воспламенения.

При эксплуатации необходимо контролировать состояние штабелей путем внешнего осмотра и измерения температуры в штабелях. Признаками

самовозгорания являются повышение температуры, наличие пятен на увлажненной поверхности штабеля. Если появились признаки самовозгорания топлива, то необходимо в первую очередь начать подачу топлива из этого штабеля в бункера котлов, но без очагов огня во избежание пожара в котельном цехе.

Самой распространенной причиной возникновения пожара в котельных является нарушение противопожарных правил. Поэтому обслуживающий персонал должен эти правила хорошо знать и выполнять.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

При установке оборудования автоматизации, особое требование предъявляется к качеству монтажа технических средств. Поэтому такой монтаж производят слесари КИПиА с разрядом не ниже 4, ведь от их квалификации и качества выполнения монтажных работ зависит жизни людей. Помимо риска обслуживающего персонала, существует риск оставить людей в зимней период времени без теплоснабжения, что приведет к плачевным последствиям.

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

Были проведены следующие противопожарные мероприятия:

- помещение было оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; проверена исправность электрической проводки осветительных приборов и электрооборудования;
- каждый сотрудник знает место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнит номера телефонов для сообщения о пожаре; умеет пользоваться средствами пожаротушения.

При невозможности самостоятельно потушить пожар необходимо вызвать пожарную команду, после чего поставить в известность о случившемся инженера по технике безопасности.

Ни в коем случае нельзя допускать применения при растопках котлоагрегатов керосина, бензина или других пожароопасных жидкостей, так как применение вышеуказанных жидкостей при растопках приводит к возникновению пожара. К возникновению пожара приводят неисправная электропроводка в котельной, а также оседающая на пол, стены, на котлы и в другие места топливная горячая пыль, которая может в любое время загореться, и пламя быстро распространится по всему помещению.

Не следует заливать очаги горения в штабеле водой, так как это интенсифицирует процесс самовозгорания. Для ликвидации очагов горения штабель вскрывают, переносят очаги горения на специальную площадку и на ней заливают водой. Запасы топлива на резервных складах необходимо все время обновлять, расходуя в первую очередь штабеля, в которых температура поднялась до 40–60 °С.

Выводы по разделу

В итоге в процессе проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- в работе рассмотрена социальная ответственность предприятий и указаны задачи по сохранению и улучшению окружающей среды;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению, а также приведены регламентированные требования по поведению персонала при ЧС;
- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;
- отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана автоматическая система регулирования разрежения в камере сгорания.

Рассмотрена и выбрана структурная схема автоматической системы регулирования. Получена в результате эксперимента кривая разгона и передаточная функция объекта, по которой была рассчитана одноконтурная АСР и определены оптимальные параметры настройки регулирующего устройства. По полученным переходным процессам были произведены прямые оценки качества.

Для реализации автоматической системы регулирования разрежения выполнена разработка:

- структурной схемы;
- функциональной схемы;
- заказной спецификации приборов;
- монтажной схемы;
- электрической схемы;
- общего вида щита управления.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проанализированы и рассчитаны затраты на реализацию проекта.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ вредных и опасных факторов, воздействующих на рабочий персонал и окружающую среду.

Список использованных источников

1. Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач / Волошенко А.В., Медведев В.В., Озерова И.П. – Томск.: Изд-во ТПУ, 2011. – 99 с.
2. Плетнев Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов/ Г.П. Плетнев. – 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352с.
3. Клюев А.С., Товарнов А.Г. Наладка систем автоматического регулирования котлоагрегатов. М.: Энергия, 1970. – 280 с.
4. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования А. С. Клюев, А. Т. Лебедев, С. А. Клюев, А. Г. Товарнов: Изд-во Альянс, 2009. – 368с.
5. Номенклатурные каталоги продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.bdsensors.ru/catalog/свободный>. – Загл. с экрана..
6. Номенклатурные каталоги продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.metran.ru/catalog/свободный>. – Загл. с экрана..
7. Номенклатурные каталоги продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.owen.ru/catalog/свободный>. – Загл. с экрана.
8. Номенклатурные каталоги продукции [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.krohne.com/catalog/свободный>. – Загл. с экрана
9. Андык В.С. Теория автоматического управления: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 108с.
10. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) / Собрание законодательства РФ, 04.08.2014, N 31, ст. 4398;
11. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения;

12. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
13. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 2146-ст), Введ. 1.11.2015;
14. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования;
15. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95;
16. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
17. ГОСТ Р 50831-95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования.