

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированная система управления приготовления суспензионного топлива
УДК 004.896:662.75.063.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ82	Мартова Светлана Вячеславовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Кац Марк Давыдович	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ИШФВП	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы магистратуры по направлению 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Код	Результат обучения
<i>расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:</i>	
P1	Использовать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания при предварительном анализе, проектировании, синтезе, ресурсоэффективной эксплуатации автоматизированных и автоматических систем управления теплоэнергетическими процессами, а также систем теплотехнических измерений и регистрации
P2	Разрабатывать комплекты проектной, конструкторской и эксплуатационной документации для сложных систем теплотехнических измерений и управления
<i>производственно-технологическая деятельность:</i>	
P3	Интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования
P4	Применять и совершенствовать фундаментальные и прикладные знания по современным динамично изменяющимся теплоэнергетическим технологиям, принципам, методам и системам их управления для прорывных научно-исследовательских работ
P5	Применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности, разрабатывать мероприятия по безопасности жизнедеятельности персонала и населения, предотвращать экологические нарушения
<i>научно-исследовательская деятельность:</i>	
P6	Проводить теоретические и экспериментальные научные исследования термодинамических и физико-химических процессов в теплоэнергетике, а также систем их контроля и управления, интерпретировать, давать практические рекомендации по внедрению результатов исследований в производство, критически их интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований
<i>организационно-управленческая деятельность:</i>	
P7	Руководить коллективом специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, разрабатывать мероприятия по предотвращению экологических нарушений
<i>педагогическая деятельность:</i>	
P8	Осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
<i>Универсальные компетенции</i>	
P9	Мыслить абстрактно, обобщать, анализировать, систематизировать и прогнозировать, принимать решения в сложных инженерных задачах с технической неопределенностью и недостатком информации
P10	Использовать творческий потенциал, саморазвиваться, самореализовываться
P11	Использовать иностранный язык для эффективного взаимодействия в профессиональной сфере

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
П.А. Стрижак
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ82	Мартовой Светлане Вячеславовне

Тема работы:

Автоматизированная система управления приготовления суспензионного топлива	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	14.05.2020, №135-42/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Публикации с достижениями в области создания и использования суспензионного топлива, в основу которых входят индустриальные отходы. 2. Экспериментальные стенды и разработанные в ТПУ методики проведения исследований в рамках выпускной квалификационной работы. 3. Данные о перспективных компонентах органоводугольных суспензий с известными свойствами. 4. Требования к системе управления приготовления суспензионного топлива: <ul style="list-style-type: none"> – трехуровневая система; – на основе микропроцессорной техники; – обеспечение степени затухания переходных процессов не ниже 0,75.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экспериментальные исследования. 2. Проектирование АСУ приготовления суспензионного топлива. 3. Взаимосвязь оборудования верхнего, среднего и полевого уровней в виде схемы. 4. Разработка щита управления АСУ приготовления суспензионного топлива. 5. Расчет параметров настройки регулятора. 6. Мнемосхема АСУ. 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 8. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема принципиальная электрическая щита управления. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение 2. Экспериментальные исследования 	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.20
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Кац Марк Давыдович	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ82	Мартова Светлана Вячеславовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 165 страницы, 22 рисунка, 43 таблицы, 73 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: автоматизация, проектирование, автоматизированная система управления, суспензионное топливо, микропроцессорные технические средства автоматизации, мнемосхема.

Цель работы – разработка АСУ процессом приготовления суспензионного топлива на основе микропроцессорной техники.

В процессе выполнения работы был произведен анализ существующих методов утилизации отходов и преобразования их в энергию. Также были проведены экспериментальные исследования, и производился выбор структурной схемы, алгоритма управления. Разработаны функциональная, принципиальная электрическая, схема внешних проводок и схемы общего вида и сборочный чертеж щита управления. Осуществлен выбор технических средств автоматизации и составлена заказная спецификация.

В результате выполнения магистерской диссертации разработана автоматизированная система управления процессом приготовления суспензионного топлива на основе современных микропроцессорных средств автоматизации. Автоматизированная система управления разработана с учетом технических требований, нормативных документов и исходя из результатов научно-исследовательской работы.

В число конкурентных преимуществ автоматизированной системы входит экологическая выгода (использование отходов в составе суспензионного топлива и сниженные антропогенные выбросы по сравнению с традиционным топливом), малый срок окупаемости. Это является основанием о том, что разработанная система имеет большой потенциал использования для котельных и электростанций малой мощности.

Обозначения и сокращения

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;

АСУ – автоматизированная система управления;

ИВК – информационно-вычислительный комплекс;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

РО – регулирующий орган;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

ОВУТ – органоводогольное топливо;

Фильтр-кек – отход флотационного обогащения угля;

SCADA – комплекс программ, который нужен для разработки и обеспечения работы системы сбора, обработки, архивирования информации в реальном времени.

Оглавление

Введение	11
1 Системный анализ объекта автоматизации	12
1.1 Технология приготовления композиционного топлива	12
1.2 Перечень функций реализуемых АСУ	13
2 Обзор существующей литературы	16
3 Научно-исследовательская работа	21
3.1 Компоненты топлива из типичных промышленных отходов.....	21
3.2 Экспериментальный комплекс и методы исследования	24
3.3 Результаты экспериментов	25
3.4 Заключение	34
4 Разработка структуры АСУ	35
4.1 Разработка структуры комплекса технических средств.....	35
4.2 Составление технического задания на проектирование и разработку АСУ ТП.....	37
5 Проектирование функциональной схемы (схемы автоматизации) АСУ ТП на основе микропроцессорной техники.....	42
6 Составление заказной спецификации ТСА.....	44
7 Составление опросных листов на приборы и средства автоматизации	45
8 Выбор технических средств системы управления, составление спецификации.....	46
8.1 Выбор измерительного преобразователя температуры	46
8.2 Выбор датчика уровня в баках с водой и нефтепродуктами и суспензиями.....	47
8.3 Выбор расходомеров	49
8.4 Выбор программируемого логического контроллера	51
8.5 Выбор исполнительного механизма.....	53
8.6 Выбор насосного оборудования	55
9 Проектирование схемы внешних проводок.....	57

10 Проектирование принципиальной электрической схемы щита управления и составление перечня щита управления.....	60
11 Разработка сборочного чертежа щита управления и составление спецификации щита управления	62
12 Разработка фрагментов информационного, математического и программного обеспечений	64
13 Разработка мнемосхем SCADA-системы.....	67
14 Расчет параметров настройки регулятора.....	70
14.1 Идентификация объекта управления	70
14.2 Расчет параметров настройки регулятора.....	73
15 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	83
15.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технических исследований	83
15.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	84
15.1.3 FAST - анализ	86
15.1.4 SWOT - анализ.....	91
15.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	94
15.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	95
15.2 Планирование процесса управления научно-исследовательских работ.....	96
15.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	96
15.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	97
15.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	100
15.3 Смета затрат на проект.....	103
15.3.1 Материальные затраты.....	103
15.3.2 Затраты на амортизацию	103
15.3.3 Затраты на заработную плату	104
15.3.4 Затраты на социальные нужды	105
15.3.5 Прочие затраты.....	105

15.3.6 Накладные расходы	105
15.4 Смета затрат на оборудование и монтажные работы	106
15.4 Расчет годовых эксплуатационных издержек	107
15.5 Расчет экономической эффективности	109
15.6 Реестр рисков проекта	110
15.7 Оценка сравнительной эффективности исследования	111
16 Социальная ответственность	115
Введение	115
16.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	116
16.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	116
16.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ..	117
16.2. Производственная безопасность	119
16.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов	119
16.3. Экологическая безопасность.	128
16.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ..	128
16.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.....	129
16.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	129
16.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	130
16.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	130
16.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.	131
16.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	131
16.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность».....	132
Заключение	134
Список использованных источников	135
Приложение А Benefits of slurry fuels based on industrial wastes.....	143
Приложение Б Заказная спецификация приборов и средств автоматизации	164

Графический материал:	На отдельных листах
ФЮРА.421000.007 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.007 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.007 СО1	Спецификация на ТСА
ФЮРА.421000.007 ОЛ1-	Опросные листы
ФЮРА.421000.007 ОЛ10	Опросные листы
ФЮРА.421000.007 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.007 Э4	Схема принципиальная электрическая
ФЮРА.421000.007 ПЭ	Перечень элементов щита управления
ФЮРА.421000.007 СБ	Сборочный чертеж щита управления
ФЮРА.421000.007 СБС	Спецификация щита управления
ФЮРА.421000.007 ВО	Общий вид щита управления

Введение

С каждым годом количество отходов увеличивается, что способствует загрязнению почв и экосистемы в целом. Увеличение полигонов и свалок для хранения отходов происходит в геометрической прогрессии. Это уничтожает большие территории земли, а с ними, и природное обитание животных. Для того чтобы уменьшить количество свалок и полигонов большое количество отходов можно использовать повторно или использовать для создания нового топлива. Существует метод утилизации отходов – сжигание, но данный метод имеет большое количество недостатков, главным из которых является высокие показатели выбросов в атмосферу. Существует топливо, которое называется органомоделугольное топливо, имеющее низкие показатели выбросов и хорошие характеристики зажигания. Добавив к нему отходы можно не только уменьшить количество выбросов, но и улучшить характеристики зажигания, а также использовать отходы. Поэтому была создана автоматизированная система управления процессом приготовления суспензионного топлива. Данная система поможет использовать отходы в качестве топлива, при этом выбросы в окружающую среду будут меньше, чем в мусоросжигательных установках.

В данной работе разработана автоматизированная система управления процессом приготовления суспензионного топлива. Выпускная квалификационная работа содержит анализ объекта автоматизации, обзор структуры и технических средств контроля и автоматизации.

1 Системный анализ объекта автоматизации

1.1 Технология приготовления композиционного топлива

На складе осуществляется хранение сырья: угля, твердых бытовых отходов (ТБО), воды, отходов углеобогащения, масла. Рассмотрим этапы подготовки каждого компонента при приготовлении композиционного топлива.

Регулирование системой происходит с помощью контроллера и оператора. Рассмотрим линию подачи воды в смешивающий бак. Подача воды осуществляется из бака, в котором установлен датчик уровня. Сигнал с датчика уровня поступает на АРМ оператора. Далее по трубопроводу вода поступает в бак, на трубопроводе расположен датчик расхода воды, а также насос и задвижка, управление данными параметрами осуществляет оператор или контроллер. Датчик расхода, второй служащий для резервирования, используется как показывающий прибор, установленный по месту. Бак оборудован ТЭНом для поддержания температуры воды в холодное время года.

Линия подачи нефтепродуктов имеет подобную схему, как и линия подачи воды.

Линия подачи ТБО. В линии подачи используются конвейеры для транспортировки, управление которыми осуществляется посредством оператора или контроллера. Регулирование конвейерами осуществляется изменением скорости движения. Также в линии подачи отходов имеется дробилка, функция которой измельчать отходы до определенного размера. Дробилка имеет заслонку и датчик переполнения.

Линия подачи угля. Отличием от линии подачи ТБО является мельница, которая превращает уголь в пыль. Мельница также оснащена датчиком переполнения и заслонкой.

На рисунке 1.1 представлена условная схема технологического процесса приготовления суспензионного топлива.

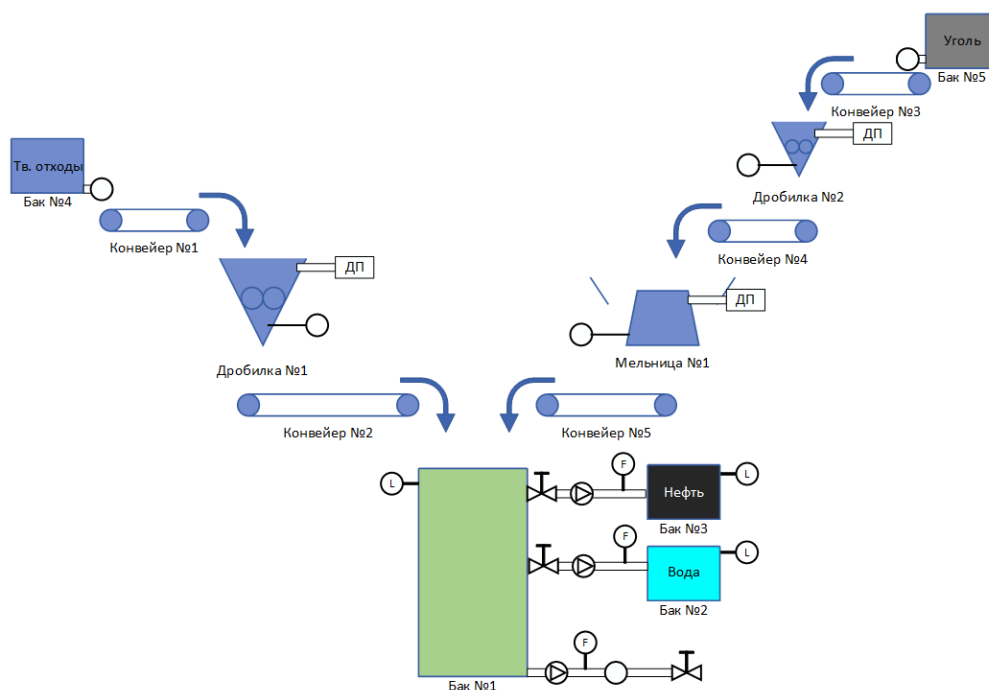


Рисунок 1.1 – Условная схема технологического процесса приготовления суспензионного топлива

Основное технологическое оборудование представляет собой баки, конвейеры, дробилки и мельница, мешалка. Система приготовления топлива является опасным объектом, так как компоненты топлива являются пожароопасными, поэтому должны быть приняты меры по обеспечению пожарной безопасности.

Система имеет несколько режимов работы штатный, когда идет смешение всех компонентов, внештатный, когда нужно приготовить топливо исключая один из компонентов, и аварийный при поломке или не исправности технологического оборудования.

1.2 Перечень функций реализуемых АСУ

Разрабатываемая система необходима для приготовления суспензионного топлива.

Основными функциями АСУ ТП являются:

- сбор информации с первичных датчиков и преобразователей, контроль температуры, уровня в резервуарах, расхода в трубопроводах;
- оповещение персонала о возникновении чрезвычайных ситуаций связанных с неисправностью технологического оборудования;
- обработка полученной информации, сравнение параметров с уставками и формирование команд управления, включение звуковых и световых средств оповещения;
- отображение получаемой информации в виде мнемосхемы;
- регистрация событий в режиме реального времени.

АСУ ТТ должна иметь трехуровневую структуру и строиться на базе микропроцессорной техники. Верхний уровень включает автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора, реализованное в виде персонального компьютера. Средний уровень должен быть представлен в виде программируемого логического контроллера (ПЛК).

Нижний уровень системы топливоприготовления представляет собой совокупность датчиков температуры, уровня, расхода и переполнения, а также заслонок и задвижек.

Средний уровень включает в себя программируемый логический контроллер (ПЛК) и должен обеспечивать сбор и обработку информации от датчиков нижнего уровня, передачу информации о состоянии параметров системы топливоприготовления на АРМ оператора, а также выдавать управляющие сигналы для запуска и управления системой топливоприготовления.

На верхнем уровне находится АРМ оператора АСУ ТТ и программное обеспечение (ПО), которое обеспечивает:

- прием информации о состоянии технологического оборудования;
- получение графиков измеряемых технологических параметров (температуры в баках, расход, уровней и т.д.);

- архивирование данных, составление журнала событий технологического процесса;
- оператор осуществляет ввод информации об объеме топлива, которое должно быть получено;
- оператор должен заказать необходимые компоненты для топлива при достижении заданного порога их на складе;
- оператор может выбирать режимы для получения нужного топлива.

Технологическая схема системы топливоприготовления должна отображаться на мнемосхеме АРМ оператора.

Передача данных на верхнем уровне АСУ ТП осуществляется по интерфейсу Ethernet (протокол TCP/IP).

2 Обзор существующей литературы

За относительно недолгий (с XX века по настоящее время) период интенсивного развития промышленного производства проблемы энергетического сектора и окружающей среды стали проблемами всего мира. Природной среде внушительный вред наносят как добывающие, так и перерабатывающие отрасли хозяйства, а также традиционная энергетика в целом. Во всем мире основным источником генерации энергии на тепловых станциях происходит за счет сжигания традиционных топлив (угля, мазута, природного газа). Газ является самым значимым, так как имеет низкие показатели выбросов, однако главным недостатком природного газа является высокая стоимость, данные об этом представлены в отчете BP Statistical Review of World Energy 2017. Уголь во многих странах по-прежнему является главным источником для производства энергии, сведения представлены в отчете Key world energy statistics 2017. International Energy Agency. Доля угля в мировом потреблении первичной энергии составляет 28 %. В 2015 г. установлено 85 ГВт новых угольных установок, согласно данным из отчета Tracking clean energy progress 2017. International Energy Agency. Согласно Key world energy statistics 2017, использование угля составило 39 % произведенного в 2015 году электричества (24255 ТВт). Нужно заметить, что такие процессы как добыча, обогащение и сжигание угля связаны с высоким загрязнением окружающей среды. Этому свидетельствует формирование большого количества отходов при использовании угля и в выбросы вредных веществ при сжигании угольной пыли. Проведено большое количество исследований, которые доказывают, что в промышленно-развитых регионах высокая заболеваемость и смертность, а также в этих регионах происходит быстрая смена климата [1–3].

Применение промышленных и муниципальных отходов в энергетике выгодно для уменьшения их накопившегося объема, а также в целях сбережения невозобновляемых источников энергии. Утилизация отходов

может происходить как индивидуальным прямым сжиганием [4], совместно [5] или в виде суспензий, в которых содержится вода [6]. Сжигание суспензий, в составе которых содержится вода позволяет снизить образование антропогенных выбросов оксида серы и азота в продуктах сгорания [6].

Проблемы экологии (отходы, антропогенные выбросы) на территории городов актуальны для многих индустриальных стран, таких как Индия, Китай, Россия. В магистерской диссертации в качестве топлива рассмотрена база отходов Томской области. Данный регион находится в Западной Сибири и основу промышленности представляют деревообрабатывающая, нефтяная, химическая и пищевая отрасли. Соседний регион является одним из главных регионов страны по добычи угля (Кузнецкий угольный бассейн). Рассмотрим конкретный промышленный регион, чтобы оценить перспективу перехода с традиционного топлива на суспензионное топливо из отходов.

Большое количество стран имеют проблемы связанные с утилизацией твердых бытовых отходов (ТБО) [7–10]. Чаще всего в таких странах отходы размещаются на свалках, что ведет к загрязнению окружающей среды. В большей мере эти страны являются развивающимися, имеют ограниченный бюджет, недостаточно развитую инфраструктуру, а также ограничение в наличии объектов технического обслуживания [11]. Также многие страны имеют мусоросжигательные заводы, которые при сжигании выделяют большое количество вредных веществ, тем самым нанося вред животному и растительному миру. Одним из решений данных проблем является переработка отходов и использование их в качестве топлива.

Для того чтобы использовать отходы ТБО в качестве топлива, необходимо сначала сделать анализ состава этих отходов. Большое количество стран проводят исследования по составу отходов, которые показывают, что типичными отходами, входящими в состав ТБО являются: органические (сельскохозяйственные отходы, отходы животноводства,

лесозаготовительной промышленности, осадки сточных вод), бумага, пластмассы, стекло, металлы [9–12].

В зависимости от решения структура отходов меняется, так как каждая страна имеет уникальное географическое местоположение. Например, в Индии органические отходы (кукуруза, подсолнечник, скорлупа орех, масла) преобладают, так как сельским хозяйством занимается большая доля населения [12]. В Испании большую часть отходов занимает органика, включающая в себя муниципальные отходы, осадок сточных вод и отходы животноводства [9]. Также анализ состава ТБО был проведен в Саудовской Аравии, где большую часть отходов, которые могут быть переработаны, занимают бумажные (29%) и древесные отходы (8%) [10]. На основании данных [9,10,12], можно сделать вывод о том, что большая часть представленных отходов могла бы быть использована в качестве топлива.

Существует большое количество методов переработки отходов для получения топлива, которые могли уменьшить влияние загрязняющих веществ на окружающую среду. Достаточно большой вред окружающей среде несут отработанные технические масла, растительные масла (подсолнечное, оливковое), нефтяные отходы. Поэтому исследователи всего мира пытаются решить эту проблему. Например, отходы производства оливкового масла преобразовывают в адсорбент, который можно использовать для очистки сточных вод от тяжелых металлов [13]. Другим примером является переработка отработанного масла с помощью центрифуг [14]. Данный метод основан на добавление в отработанное масло химиката и последующего центрифугирования с целью отделения масляного осадка от чистого масла. Переработка нефтяных отходов в биотопливо описана в [15] – это комплексный подход, основанный на переэтерификации нефти, извлеченной из микроводорослей, в результате которого биотопливо имеет характеристики отработанного масла.

Для удаления маслянистого осадка из нефтяных шламов используют метод мокрого окисления [16]. Далее для удаления нефти из маслянистого

осадка нефтяного шлама используют двухстадийный метод окисления влажного воздуха, который может удалить до 93% нефти из нефтяного шлама и уменьшить объем шлама на 85 %.

Исследование о возможности использования масла для жарки и пластмасс как топлива определили теплотворную способность жидкого топлива (оно образовывалось при пиролизе, когда компоненты нагревались выше 320 °С), которая приблизительно равна теплотворной способности дизельному и биодизельному топливу. Это исследование определило потенциал использования данного топлива как альтернативного [17].

Еще одним методом переработки отходов в топливо является газификация. В статье [18] представлен метод газификации для топлива RDF (Refuse Derive Fuel), состоящего из горючих отходов (не опасных) с добавлением Bio-CONOx (представляет собой воспламеняющийся синтетический материал, состоящий из биологических отходов сельскохозяйственного происхождения, специального состава и свойств; исходным (естественным) материалом для компоновки синтетического Bio-CONOx является рапсовая мука, содержащая жирные кислоты и белок). Добавление Bio-CONOx повышает реакционную способность топлива.

В работе [19] представлены свойства альтернативного топлива приготовленного из древесных отходов и отработанного растительного масла. Теплотворная способность этого топлива выше, чем у стандартных топлив. Также данное топливо имеет низкий уровень выбросов азота, серы и хлора, что позволяет снижать выбросы парниковых газов.

В исследованиях встречаются переработка отходов в газообразное топливо, например, в синтез-газ. С помощью реактора с плазменной горелкой получали топливо из древесных опилок, пластмасс и пиролизного масла [20]. Также газообразное топливо получали из отходов, находящихся на полигонах ТБО [21]. Исследование показывает, что этот метод оказывает меньшее влияние на окружающую среду, чем при сжигании отходов.

Многочисленные промышленные отходы (в основном из сырьевого сектора) представляют достаточно высококалорийные вещества. Их прямое сжигание для производства тепловой и электрической энергии экологически небезопасно [22]. Один из способов масштабной утилизации отходов с получением тепловой и электрической энергии состоит в их вовлечении в топливный сектор в составе водосодержащих суспензий (в качестве основных горючих компонентов) [22]. В каждом регионе промышленные отходы имеют индивидуальный характер, поэтому рассмотрим развитый район Сибири Томскую область. В Сибири большую часть аккумулированных отходов составляют отходы углеобогащения (фильтр-кеки) и отходы нефтяного и коммунального секторов [23].

Исследования [24, 25, 26] показывают, что наиболее значимыми по всем показателям являются растительные и отработанные промышленные масла.

Добавки растительного происхождения позволяют повысить экологические показатели сжигания. Такими добавками могут быть опилки, солома, глицерин, отходы масличного производства и так далее [4, 5, 26, 27]. Для региона Томская область в качестве добавки к ОБУТ рационально использовать опилки и стружку натуральной чистой древесины [28].

3 Научно-исследовательская работа

3.1 Компоненты топлива из типичных промышленных отходов

В рамках магистерской диссертации на примере Томской области рассмотрена возможность применения промышленных отходов для получения дополнительной энергии путем сжигания в составе суспензионных жидких топлив.

Томская область отличается тем, что сочетает в себе природные, производственные и интеллектуальные ресурсы. Главными природными ресурсами Томской области являются нефть, газ, лес, торф, минеральное сырье. Промышленность представляет собой нефтегазодобывающую и нефтехимическую отрасль, а также крупные предприятия приборо- и машиностроения, лесопромышленный комплекс и пищевую промышленность.

Развитая инфраструктура образует большое количество промышленных отходов. В таблице 3.1 представлена обобщенная структура отходов для Томской области. Основу данной таблицы составляют отчеты региональных департаментов и данных промышленных предприятий.

Основными компонентами для приготовления суспензионных топлив на основе воды могут составлять разные виды угля, отходы углеобогащения (фильтр-кеки) [24, 29, 30]. Вода для суспензионного топлива не имеет важных требований к качеству, поэтому могут использоваться как технологические, так и сточные воды [31, 32]. Добавками (обычно с концентрацией 5...20 %) могут являться: отработанные автомобильные и промышленные масла, нефтешламы, мазут, водонефтяные эмульсии [24, 31, 33]. Данные добавки нужны для роста параметров зажигания и горения суспензии, а также повышения теплоты сгорания.

В магистерской диссертации, кроме отходов, рассмотрен торф как потенциальный компонент суспензий. В Томской области содержатся большие запасы торфа (около 29 гигатонн при средней влажности 40 %) [23].

Нужно заметить, что торфяной потенциал региона практически не используется (не более 5 %). Поэтому использовать торф как компонент для топлива перспективный вариант.

По всем показателям наиболее востребованными являются растительные и отработанные индустриальные масла [24, 25, 26]. Рассмотрим разные масла для анализа влияния видов масел на характеристики зажигания и горения. В магистерской диссертации выбраны рапсовое и отработанное турбинное масла.

Добавки растительного происхождения применяются для повышения показателей сжигания, такими добавками могут быть: опилки, солома, отходы производства масел и другие [4, 5, 27, 34]. Согласно таблице 3.1 эффективными компонентами топлива будут опилки, и стружка древесины. Такие компоненты подходят для Томской области.

Таблица 3.1 – Отходы Томской области

Вид отходов	Количество, тонн
1. Жилищные несортированные отходы (кроме крупногабаритных)	530000
2. Отходы от сжигания угля (зола)	160000
3. Добыча сырой нефти и природного газа (отходы)	65000
4. Отходы от водоочистки бытовых и хозяйственных вод	55000
5. Отходы от водоочистки колодцев и водопровода	28000
6. Земляной слой, который загрязнен нефтью и нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов 15 % и более)	9000
7. Несортированные опилки и стружка натуральной древесины	4000
8. Жмых растительных масел (от производства)	3000
9. Шламы механической очистки нефтесодержащих сточных вод, содержащий нефтепродукты в количестве менее 15 % , обводненный	2000
10. Пивная дробина (солод)	1500
11. Отходы пищевого сектора, включая организации общественного питания, очистки овощного сырья	800
12. Суспензии и суспензионные смеси для шлифования металлов, которые содержат масла и нефтепродукты не менее 15 %	300
13. Автомобильные, отработанные и пневматические шины	270
14. Оболочка солода зерновая	180
15. Отходы органических растворителей, красок, лаков, мастик и смол	60
16. Куриные яйца (скорлупа)	20

В таблицах 3.2...3.4 приведены основные свойства рассматриваемых компонентов. Технический анализ включает зольность (A, %), влажность (W, %), летучие вещества (V, %) и теплоту сгорания (Q_{s}^a , МДж/кг). Элементный анализ включает углерод (C, %), водород (H, %), азот (N, %), серу (S, %), кислород (O, %). Свойства масел включают показатели: T_f – температура горения, °С; T_{ign} – температура зажигания, °С.

Таблица 3.2 – Технический и элементный анализ компонентов

Компонент	Технический анализ				Элементный анализ, %				
	A, %	W, %	V, %	Q_{s}^a , МДж/кг	C	H	N	S	O
Фильтр-кек ОФ «Анжерская»	32,2	-	24,2	22,5	86,66	4,39	2,29	0,39	6,27
Угольный шлам	20,2	-	20,8	28,30	88,27	4,35	2,18	0,57	4,63
Торф «Суховской»	39,5	59,6	69,3	4,2	52,06	6,31	3,58	0,2	37,85
Каменный уголь марки «К», шахта «Березовская»	14,65	2,05	27,03	29,76	79,31	4,486	1,84	0,868	12,70

Таблица 3.3 – Свойства масел [34]

Масло	Плотность при 20 °С, кг/м ³	W, %	A, %	T_f , °С	T_{ign} , °С	Q_{s}^a , МДж/кг
Турбинное отработанное	870	–	0,03	175	193	45
Рапсовое	910	0,3	0,03	242	–	40

Таблица 3.4 – Свойства сосновых опилок [34]

Технический анализ				Элементный анализ, %				
A, %	W, %	V, %	Q_{s}^a , МДж/кг	C	H	N	S	O
1,88	7,84	73,52	19,41	47,21	6,25	1,59	0,21	44,4

В магистерской диссертации для определения параметров топлива, в основу которых входят типичные отходы, изучались три композиции (указаны массовые доли):

- угольный шлам – 20 %, фильтр-кек – 30 %; сточные воды – 40 %, опилки – 10 %;
- фильтр-кек – 30 %, торф – 20 %, сточные воды – 40 %, рапсовое масло – 10 %;

— сточные воды – 40 %, торф – 50 %, отработанное турбинное масло – 10 %.

3.2 Экспериментальный комплекс и методы исследования

Схема стенда представлена на рисунке 3.1, данный стенд был опробован ранее в исследованиях [24, 35, 36]. Экспериментальная установка используется для изучения процессов зажигания и горения суспензионных водосодержащих топлив.

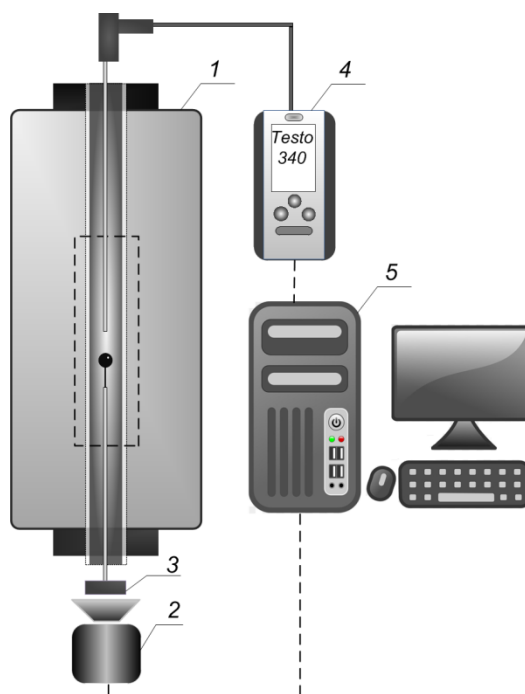


Рисунок 3.1 – Схема экспериментального стенда: 1 –печь муфельная; 2 –видеокамера высокоскоростная; 3 –механизм координатный; 4 – газоанализатор; 5 – ПК (персональный компьютер)

Эксперименты по регистрации основных показателей процессов зажигания и горения проведены для исследованных топлив в соответствии с методиками, детально рассмотренными в статьях [24, 35, 36]. Определены характеристики зажигания и горения: время задержки зажигания τ_d , предельная температура инициирования горения T_g^{\min} , максимальная температура горения T_d , основные и наиболее опасные вредные выбросы (оксиды серы и оксиды азота). Полученные значения параметров далее использовались для расчета параметров, которые показывают преимущества

применения суспензионных топлив вместо традиционных топлив (уголь, мазут).

В экспериментах, где происходила регистрация антропогенных выбросов при горении навески топлива использовалась металлическая сетка [37]. С применением последней и роботизированного координатного механизма навеска топлива помещалась в муфельную печь. Масса навески в экспериментах варьировалась от 1 до 3 граммов (в зависимости от необходимого количества теплоты). Во всех экспериментах коэффициент избытка воздуха составлял 1,05. Дымовые газы, которые образуются при сжигании топлива, поступали в корпус газоанализатора к сенсорам, где происходил анализ химических соединений в газообразной среде. В экспериментальной установке использовался газоанализатор Testo 340, который имеет сенсоры: O_2 (диапазон 0...21 %), CO (диапазон 0...10000 ppm), SO_2 (диапазон 0...5000 ppm), NO_x (диапазон 0...4000 ppm). Непрерывный мониторинг и регистрация элементов дымовых газов осуществлялся с помощью специальной программы EasyEmission, установленной на ПК [37].

3.3 Результаты экспериментов

На рисунке 3.2 представлены времена задержки зажигания рассматриваемых топлив. Для суспензионных топлив (составы 1...3) времена задержки гетерогенного зажигания при температуре нагрева около 700 °С лежат в диапазоне 7...12 с. Отличия длительности инициирования горения топлив обусловлены различием компонентного состава и, в частности, свойств отдельных компонентов (таблицы 3.2...3.4). Главное влияние на процессы теплообмена при процессах нагрева и зажигания топлива оказывают зольность, влажность, количество летучих веществ.

При росте температуры в муфельной печи от 700 °С до 900 °С, регистрировалось уменьшение времени задержки зажигания в среднем в 1,5...2 раза для капель суспензий разных компонентных составов (рисунок

3.2), поскольку при росте температуры в камере сгорания значительно повышается тепловой поток к поверхности топлива. Исходя из этого, скорость прогрева компонентов растёт, и время задержки зажигания топлива снижается. Необходимо заметить, что при увеличении температуры в камере сгорания отличие времен задержки зажигания для топлив разных компонентных составов (кроме мазута) уменьшаются. Это показывает то, что для зажигания рассмотренных топлив свойства компонентов имеют важное значение при температурах нагрева 400...850 °С, а с ростом температуры оказывают уже значительно меньшее влияние на процесс зажигания топлива.

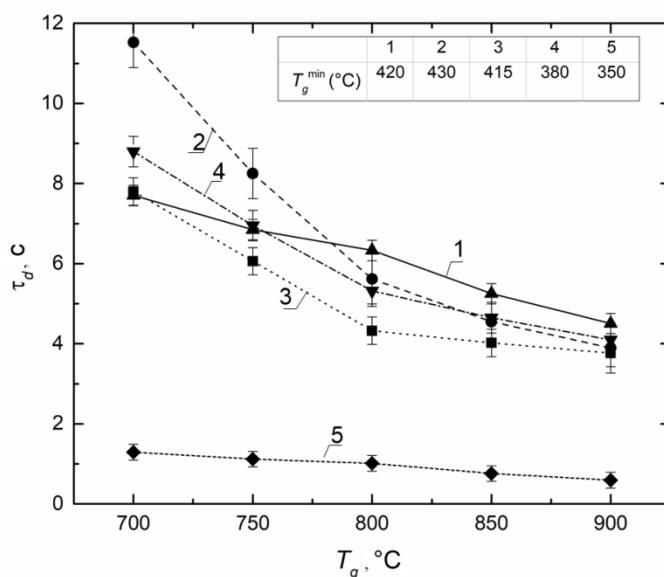


Рисунок 3.2 – Времена задержки зажигания топлив в зависимости от температуры в камере сгорания и минимальные температуры зажигания:
 1: угольный шлам – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, опилки – 10 %;
 2: торф – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, рапсовое масло – 10 %;
 3: торф – 50 %, вода – 40 %, отработанное турбинное масло смесь – 10 %;
 4: угольная пыль; 5: мазут

Для оценки характеристик зажигания суспензионных водосодержащих топлив на рисунке 3.2 представлены графики, полученные при горении капли мазута и навески угольной пыли при одинаковых условиях нагрева. Показатели воспламенения мазута будем считать наилучшими (рисунок 3.2). Отличие в инициировании горения жидкого

топлива от такого же процесса для твердого топлива и суспензионного существенно. Так при нагреве капли мазута происходит парообразование горючих веществ с поверхности и горение происходит в газовой фазе. При прогреве капли мазута сначала выпаривается влага из приповерхностного слоя, а затем происходит процесс выхода летучих веществ и парообразования жидкого горючего. Тем самым, вокруг капли мазута происходит формирование горючей газовой смеси, которая воспламеняется и факелообразно горит. Температура твердой части топлива при этом возрастает и достигает температуры ее зажигания. Далее выполняется гетерогенное воспламенение коксового остатка с последующим выгоранием топлива и образованием золы. В большинстве случаев большие времена задержки зажигания для топлива вызваны затратами тепла и времени на парообразование воды, которые достаточно велики (более 2,2 МДж/кг) в сопоставлении с аналогичным параметром для мазута (более 0,2 МДж/кг). Необходимо заметить, что на рисунке 3.2 для угольной пыли и суспензионных топлив показаны времена задержки гетерогенного зажигания. Этот процесс, содействует быстрому прогреву компонентов, которые не успели вступить в реакцию, а также он может препятствовать подводу молекул кислорода к поверхности топлива, тем самым увеличивая время задержки зажигания топлива. Большое значение задержки зажигания при относительно умеренных температурах нагрева (не более 700 °С) характерно топливу на основе воды, торфа, фильтр-кека и рапсового масла (состав 2, см. рисунок 3.2). Вероятнее это определено свойствами торфа. Торф, который мы используем, (таблица 3.2) имеет высокое содержание летучих в сухой беззольной части (не более 69 %), однако сам по себе достаточно зольный (не более 40 %) и влажный (не более 60 %). При таких обстоятельствах, можно считать, что торф в качестве компонента топлива влияет на динамику прогрева и реализацию условий зажигания положительно. Тем не менее, топливная смесь, твердая часть которого представлена только торфом (состав 3, рисунок 3.2), воспламенялась быстрее, чем остальные суспензии. В этом

случае большее влияние на процессы теплообмена оказывает наличие отработанного турбинного масла в составе топливной композиции. Нужно отметить, что времена задержки гетерогенного зажигания угольной пыли были сопоставимы с аналогичным параметром композитных топлив (рисунок 3.2). В сопоставлении с суспензиями, угольная пыль практически не содержит влаги, но воспламенение твердой части топлива происходило со значительной временной задержкой. Это объясняется как достаточно высокой долей летучих компонентов в составе коксующегося каменного угля (таблица 3.2), так и способом сжигания.

На рисунке 3.3 представлены диаграммы, показывающие максимальные температуры горения и теплоты сгорания суспензий. Самые высокие значения данных параметров типичны для мазута, самые маленькие значения характерны топлива на основе торфа, воды и отработанного турбинного масла. Диаграммы рисунка 3.3 демонстрируют, что при увеличении влажности топлива теплотворная способность уменьшается, это приводит к уменьшению максимальной температуры. С одной стороны, это является серьезным недостатком высоковлажных топлив. Но с другой стороны, этот фактор объясняет очень важный экологический потенциал смесевых топлив, которые содержат высокий процент влаги. Более того, энергетические показатели суспензионного топлива можно повысить путем добавления высококалорийных компонентов (например, отработанных промышленных или растительных масел). По итогам проведения экспериментов, температуры горения и теплоты сгорания суспензий трех отличающихся составов варьировались в диапазоне 970...1020 °С и 9...15 МДж/кг, соответственно.

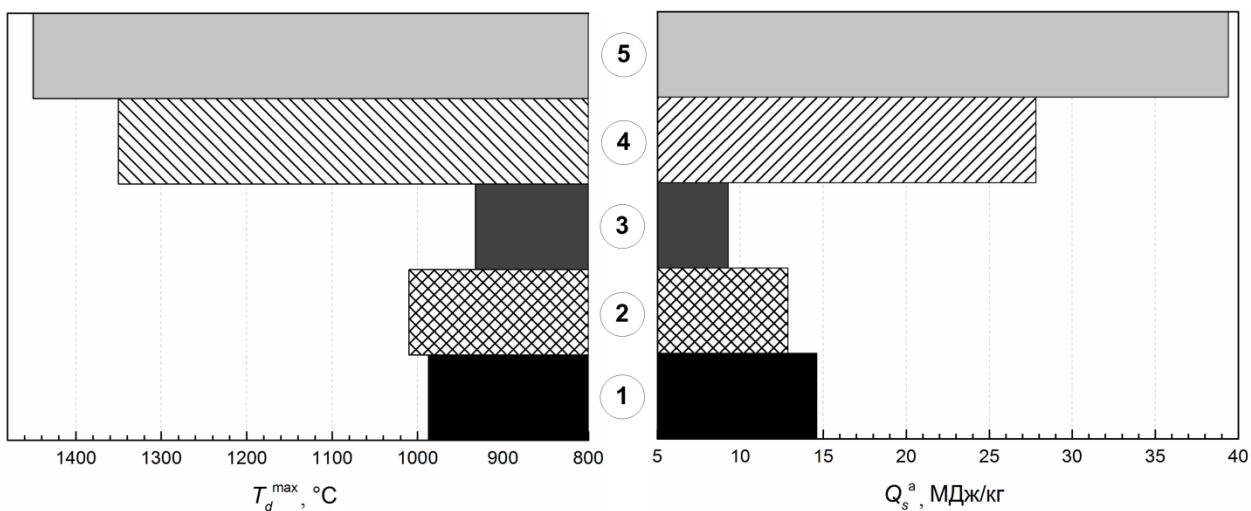


Рисунок 3.3 – Максимальные температуры горения (при T_g не более $700\text{ }^\circ\text{C}$) и теплоты сгорания топлив:

- 1: угольный шлам – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, опилки – 10 %;
- 2: торф – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, рапсовое масло – 10 %;
- 3: торф – 50 %, вода – 40 %, отработанное турбинное масло смесь – 10 %;
- 4: угольная пыль; 5: мазут

На рисунке 3.4 представлены зависимости концентраций вредных выбросов (оксидов серы и азота) при горении топлив при различных температурах в камере сгорания. Предложенные данные экспериментов получены при сгорании одинаковых по массе навесок топлива (1 грамм). Можно увидеть, что вне зависимости от типа топлива с ростом температуры в камере сгорания происходит экспоненциальное увеличение концентрации рассматриваемых газов.

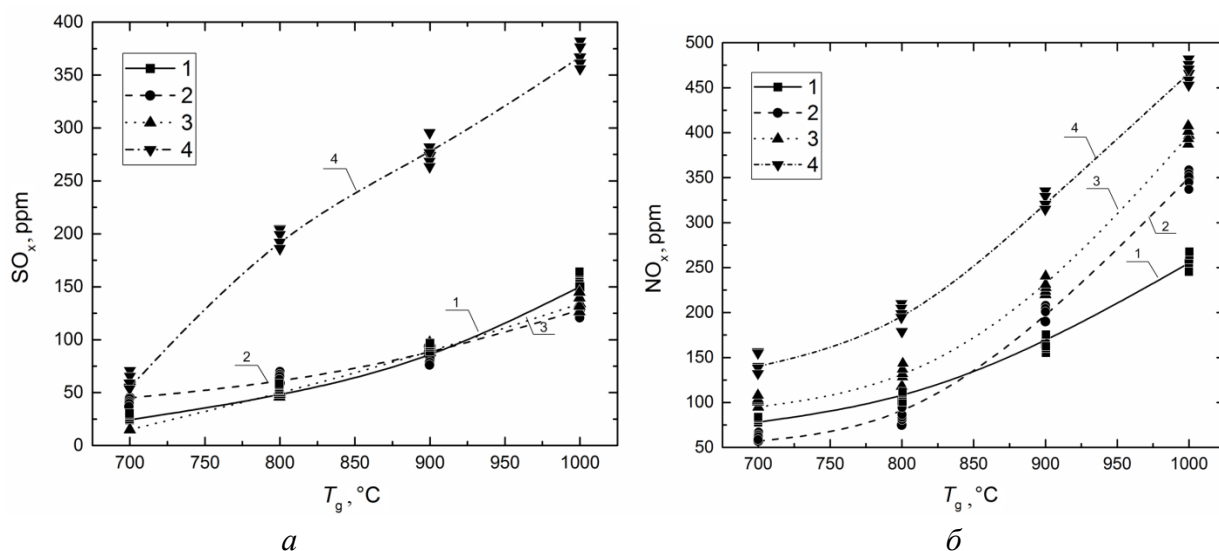


Рисунок 3.4 – Концентрации оксидов серы (а) и азота (б) при различных температурах нагрева (масса топлива М равна 1 г):

- 1: угольный шлам – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, опилки – 10 %;
- 2: торф – 20 %, фильтр-кек – 30 %, вода – 40 %, рапсовое масло – 10 %;
- 3: торф – 50 %, вода – 40 %, отработанное турбинное масло смесь – 10 %;
- 4: угольная пыль

Экспериментальное исследование позволило установить, что использование водосодержащих суспензионных топлив способно снизить концентрации оксидов серы и азота на 80 % и 60 % соответственно. Такое снижение можно объяснить содержанием воды в органоводоугольном топливе. В процессе нагрева и испарения воды из топлива температура в зоне горения и скорость сгорания снижается, следовательно, образуется меньше оксидов серы и азота. Если учитывать температурный диапазон, то наиболее значимые эффекты от применения водосодержащих суспензионных топлив наблюдаются на интервале температур 800...1000 °С. Продукты разложения воды вступают в химическое взаимодействие с оксидами серы и азота, тем самым это позволяет уменьшить их концентрации в дымовых газах [37]. Если рассмотреть каждый газ отдельно, то можно подчеркнуть несколько причин снижения концентраций. Концентрация оксидов серы уменьшается, так как снижается общее серосодержание смеси из-за замены 40 % угля на воду или другие добавки и примеси. Соединения металлов (Ca, Na, K), которые входят в состав опилок и рапсового масла, при высоких температурах вступают в реакции с окислами серы, образуя вещества, которые абсорбируют сернистый газ.

Концентрации NO_x при использовании ОВУТ вместо угля снижаются. Это происходит из-за снижения доли топливного азота в суспензиях. Второй причиной снижения является вовлечение низкорекционных компонентов (вода, торф, рапсовое масло), благодаря которым температура в зоне горения уменьшается. Температура в зоне горения является главным показателем влияния на процессы образования NO_x . Рисунок 3.4б показывает, что

наименьшие выбросы NO_x на интервале температур от 850 до 1000 °C зафиксированы для состава с 10 % опилок. Также из-за большого содержания летучих (более 70 %) в опилках, а также из-за быстрого выделения летучих и последующего горения количество кислорода O_2 в камере сгорания уменьшается. Таким образом, в ходе реакций, в которых участвует топливный азот и кислород образуется минимальное количество NO_x . Отличие в значениях концентраций NO_x при варьировании типа масла не значительно (составы 2 и 3). Это обусловлено с тем, что на выход NO_x в большей степени влияет температурный режим сгорания. Высокая теплотворная способность рапсового и отработанного турбинного масел (таблица 3.3) приводит к значительному росту температур в зоне горения.

Следует понимать, что на реальных объектах для получения такого же количества тепловой энергии необходимо иметь большую массу суспензий ОВУТ, чем угля. Так в таблице 3.5 приведены массы рассматриваемых топлив, требуемых для получения 30 МДж тепла. Необходимо учитывать тот факт, что исследования проводятся в лабораторных условиях, в которых обеспечить единовременное сжигание топлива массой в несколько килограмм не представляется возможным. Было допущено, что один килограмм топлива, сжигаемого в промышленных масштабах, эквивалентно одному грамму в лабораторных условиях.

Таблица 3.5 – Характеристики рассматриваемых топлив

Относительные массовые концентрации компонентов	Теплота сгорания топлива, МДж/кг	Масса топлива для получения 29,76 МДж тепла, кг
1: угольный шлам – 20 %, фильтр-кек – 30 %, сточные воды – 40 %, опилки – 10 %	14,21	2,1
2: торф – 20 %, фильтр-кек – 30 %, сточные воды – 40 %, рапсовое масло – 10 %	12,79	2,3
3: торф – 50 %, сточные воды – 40 %, отработанное турбинное масло – 10 %	10,40	2,9
4: каменный уголь – 100 %	29,76	1

На рисунке 3.5 представлены экспериментально полученные значения концентраций выбросов серы и азота при сжигании разного по массе количества топлива, которое требуется для получения идентичного количества тепла. Полученные значения помогут установить, как будет влиять в реальных топочных устройствах увеличение расхода топлива на концентрации выбросов серы и азота.

Определено (рисунок 3.5), что небольшое увеличение массы первого и второго состава относительно угля не привело к повышению концентраций вредных веществ. Увеличение массы навески в 2,3 раза способствует снижению выбросов SO_x и NO_x более чем на 68 % и 30 %, соответственно, вдобавок реализуется более крупная утилизация отходов углеобогащения, деревообработки, а также торфа. Тем не менее, увеличив массы топлива на основе торфа, воды и отработанного турбинного масла почти в 3 раза, это негативно сказалось на выбросах оксидов азота. Сравнивая с углем, они возросли на 18–54 %. Следовательно, можно сделать заключение, что массовое содержание торфа в топливе ОБУТ должно составлять не больше 20 %. Увеличение массовой концентрации более 20 % приводит к росту концентраций оксидов азота.

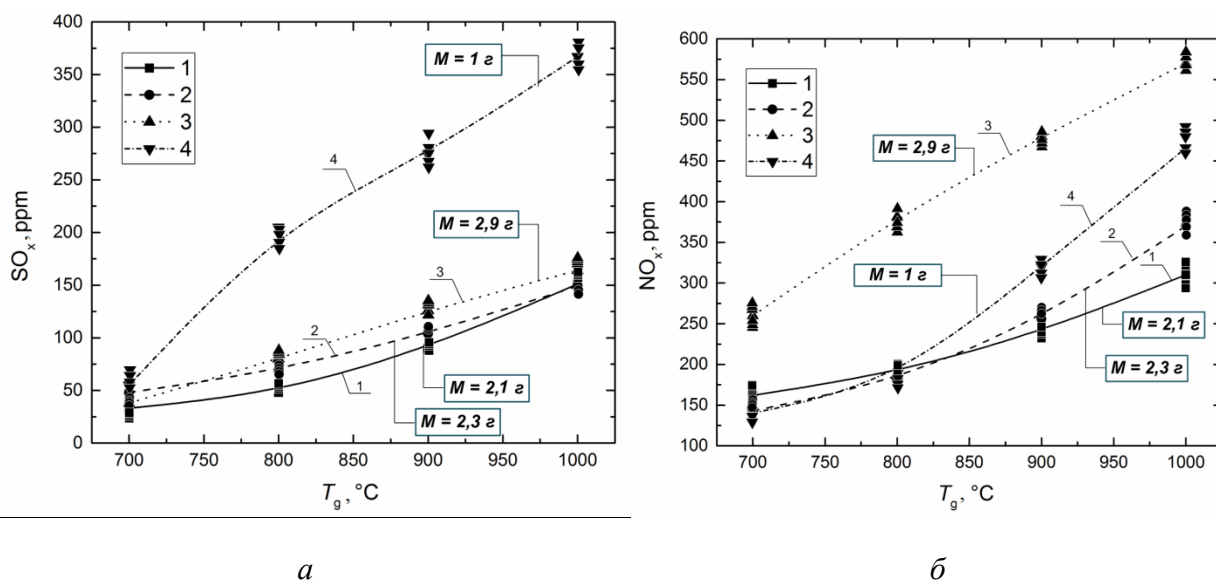


Рисунок 3.5 – Концентрации антропогенных выбросов при сжигании топлив с разной массой для обеспечения идентичной теплоты сгорания: 1: угольный шлак – 20 %, фильтр-кек – 30 %, сточные воды – 40 %, опилки – 10 %; 2: торф – 20 %, фильтр-кек – 30 %, сточные воды – 40 %, рапсовое масло – 10 %; 3: торф – 50 %, сточные воды – 40 %, отработанное турбинное масло – 10 %; 4: каменный уголь – 100 %

Сравнивая результаты, которые получены при сгорании топлив с одинаковыми и разными массами (рисунки 3.4 и 3.5), можно увидеть, что экологический эффект от ОВУТ более значимый при равном расходе топлива, особенно это заметно по выбросам оксида серы. Снизить выбросы оксида серы можно более чем на 80 %. Однако нужно понимать, что количество выработанной энергии снизится. Изменение расхода в сторону увеличения или сохранения его на прежнем уровне определяется для каждого предприятия или энергетического объекта индивидуально в соответствии с задачами и нормами выработки энергии и основываясь на экологических нормах.

3.4 Заключение

В ходе экспериментальных исследований определены основные преимущества суспензионных топлив. Проведен обзор методов переработки твердых бытовых отходов и определены компоненты для типичного индустриального региона – Томской области. Большое количество отходов нефтяного происхождения и обогащения угля являются многообещающими компонентами ОБУТ как по причине необходимости утилизации, так и по возможному получению экологической выгоды по сравнению со сжиганием традиционных топлив на тепловых станциях. В частности, концентрации NO_x и SO_x ниже на 60...80 %.

Развитым и развивающимся индустриальным регионам сжигание суспензионного топлива, которое включает в состав отходы, сделает возможным вырабатывать до 10 % тепловой или 5 % электрической энергии. Это позволит утилизировать до 5 млн. тонн угольных шламов, а концентрации выбросов NO_x и SO_x снизить на 60...80 %.

4 Разработка структуры АСУ

4.1 Разработка структуры комплекса технических средств

Структура управления – это каналы передачи воздействий между частями автоматической системы.

Структурная схема типичных измерительных каналов (температуры, расхода, давления, уровня) показана на рисунке 4.1.

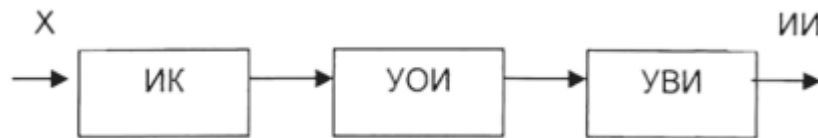


Рисунок 4.1 – Структурная схема типичных измерительных каналов: ИК – измерительный канал; УОИ – устройство обработки информации; УВИ – устройство выдачи информации; ИИ – измерительная информация

Данные с датчика поступают через измерительный канал на устройство обработки информации (УОИ). УОИ предназначено для преобразования информации цифровых сигналов. Вывод информации осуществляет УВИ в виде графической информации (для оператора).

Задачи устройств обработки и выдачи информации в современных системах выполняют микропроцессорные контроллеры. Структурная схема таких каналов представлена на рисунке 4.2.

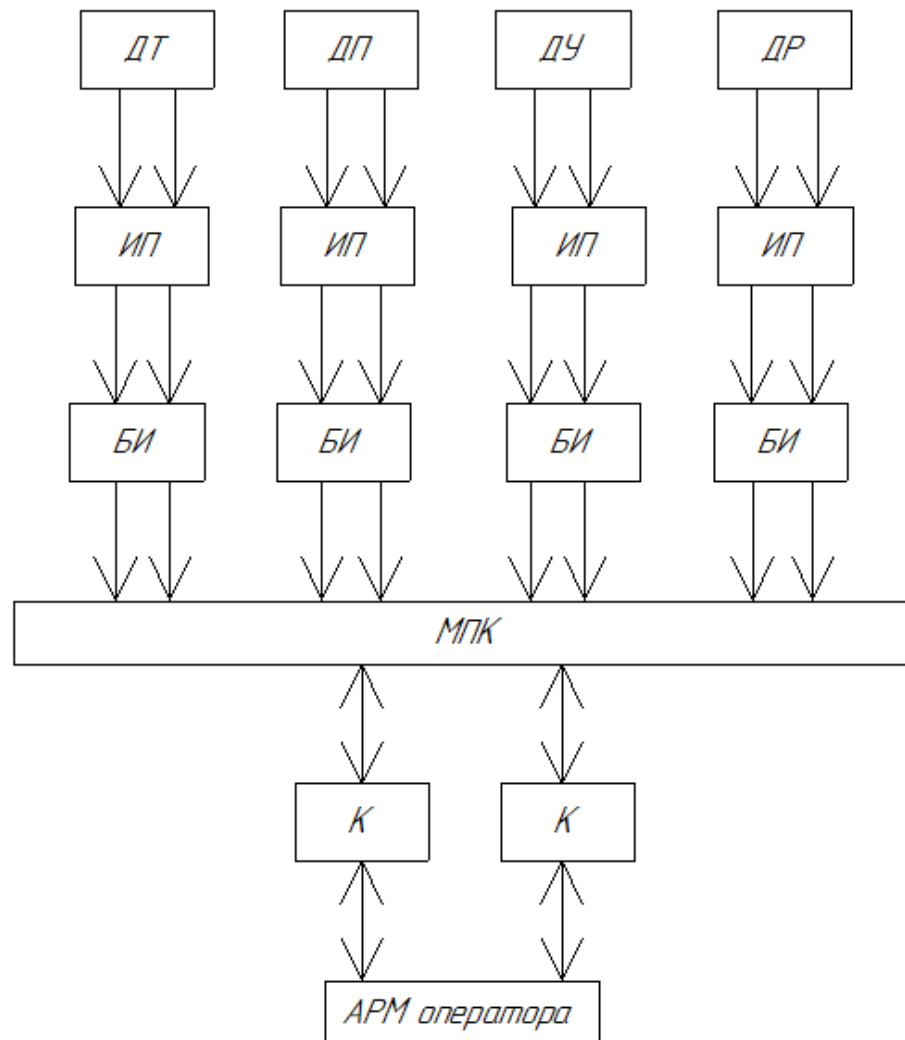


Рисунок 4.2 – Структурная схема измерительных каналов температуры, давления, уровня и расхода: ДТ – датчик температуры; ДП – датчик переполнения; ДУ – датчик уровня; ДР – датчик расхода; ИП – измерительный преобразователь; БИ – блок искрозащиты; МПК – микропроцессорный контроллер; К – коммутатор; АРМ оператора – автоматизированное рабочее место оператора

Значения температуры, переполнения, уровня и расхода с датчиков ДТ, ДП, ДУ и ДР поступают на МПК, и далее на АРМ оператора.

На структурной схеме обозначены также средний уровень, реализованный на базе микропроцессорной техники (ПЛК) и верхний уровень (АРМ оператора). Для обеспечения искробезопасности контроллеры или модули ввода-вывода обеспечиваются блоками искрозащиты. Также существует необходимость раздвоения сигнала между датчиками и контроллером по причине того, что система является опасным объектом.

Передача данных со среднего уровня на верхний осуществляется с помощью сетей Ethernet/Modbus TCP/IP.

4.2 Составление технического задания на проектирование и разработку АСУ

ТП

Основные требования к АСУ ТП.

В разрабатываемой системе баки, в которых находятся вода, масла, должны нагреваться до определенной температуры в холодное время года.

Регулирование системы должно осуществляться с помощью микропроцессорного контроллера и оператора.

Дробилки и мельница должны быть оснащены датчиками переполнения, срабатывание которых приводит к останову системы.

Бак с готовым топливом должен иметь измерения температуры в трех точках бака.

В системе должно быть предусмотрено резервное топливо, в случае аварии.

Готовое топливо должно считаться по массе, т.к. твердые компоненты топлива и нефтепродукты при высокой температуре имеют свойство расширения.

Бак с готовым топливом должен быть оснащен мешалкой для предотвращения расслоения топлива.

Обеспечение защиты технических средств АСУ от влияния внешних электрических и магнитных полей, а также помех по цепям питания.

Система должна иметь несколько режимов работы: штатный, нештатный, аварийный.

В системе должно быть учтено раздвоение сигнала от датчиков к микропроцессорному контроллеру.

Предусмотреть резервирование насосного оборудования и датчиков.

Отходы и уголь должны быть измельчены до определенного размера.

Надежность должна обеспечиваться за счет применения технических средств, системного и базового программного обеспечения, соответствующих классу решаемых задач: датчики должны располагаться в защитных шкафах; датчики должны иметь резервное питание в случае отключения основного.

Безопасность гидравлических и пневматических изделий обеспечивается за счет прочности и герметичности измерительных камер, соответствующих нормам, которые установлены в стандарте или технических условиях изделий, а также за счет надежных креплений изделий при монтаже на объекте.

Система топливоприготовления должна соответствовать пожарной безопасности и иметь противопожарные средства защиты.

В системе должна учитываться искробезопасность электрических цепей с помощью блоков искробезопасности, которые ставятся между измерительным прибором и контроллером.

Система должна иметь информативную мнемосхему для управления. На мнемосхеме должна быть обратная связь с датчиков, а также оповещения об авариях.

4.3 Проектирование структурных схем КТС АСУ на основе микропроцессорной техники

Структурная схема трехуровневой АСУ представлена на рисунке 4.3. Исходным сырьем являются ТБО, вода, масло и уголь. Каждый вид сырья проходит подготовку и поступает в смешивающий бак, где и происходит приготовление готового топлива.

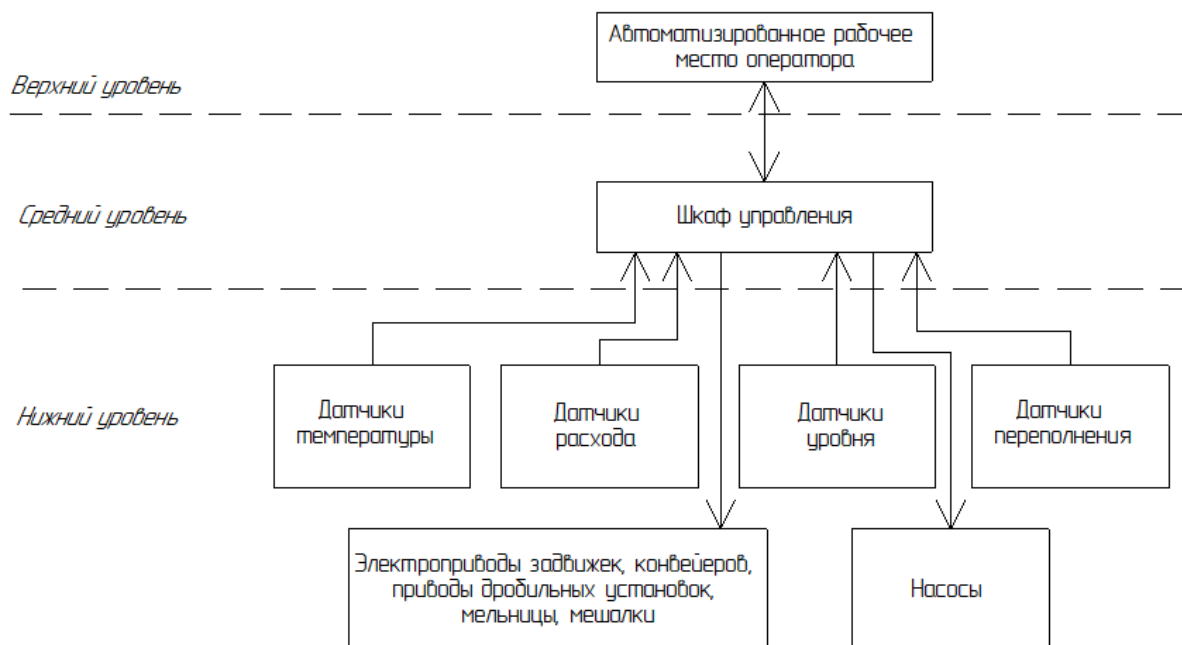


Рисунок 4.3 – Структурная схема системы приготовления суспензионного топлива

Нижний уровень предназначен для надежной работы системы топливоприготовления, управления механизмом приготовления топлива, поддержание заданного расхода топлива. На данном уровне реализуются функции получения и передачи информации технологических параметров, а также информацию о состоянии оборудования и прием команд управления.

Средний уровень предназначен для получения информации с нижнего уровня и выработки управляющего воздействия на регулирование параметров системы. Функциями среднего уровня являются прием и обработка технологических данных с нижнего уровня, формирование команд управления, сигнализация, блокировок и защит технологического оборудования, подразумевают применение микропроцессорной техники. В щите автоматического управления, находящегося в непосредственной близости от объектов управления, размещается оборудование: МПК, Источник гарантированного питания, устройства защиты, релейно-контактная аппаратура и др.

Верхний уровень предназначен для отображения поступающих данных на мнемосхемах и графиках, осуществляется передача команд оператора системе управления среднего уровня, а также регистрация и архивация текущих событий, задание уставок.

Структурная схема ФЮРА.421000.007 С1 представлена в графическом материале.

На структурной схеме представлено четыре линии подачи сырья. Первая линия – Твердые отходы, движение начинается с бака № 1, после которого стоит заслонка № 1 регулирующая подачу топлива. Далее твердые отходы движутся по конвейеру № 1, сигналы управления от заслонки № 1 и конвейера № 1 поступают на микропроцессорный контроллер, который вырабатывает управляющее воздействие. Далее после конвейера № 1 сырье попадает в дробилку № 1 в которой установлен датчик переполнения № 1 (ДП1) для того, чтобы контролировать количество поступающего сырья, и если сигнал с датчика срабатывает, то оператор или МПК вырабатывает управляющее воздействие связанное с остановом работы линии. Дробилка № 1 также имеет управление с МПК. После дробилки № 1 стоит заслонка, которая контролирует подачу сырья на конвейер № 2, конвейер в свою очередь управляется также с помощью контроллера или оператора. После конвейера № 2 сырье поступает в бак № 6.

Вторая линия – линия подачи воды. В баке № 2 установлены такие датчики как датчик уровня ДУ1, датчик расхода ДР1 и датчик температуры ДТ1, бак № 2 имеет в нагреватель ТЭН1, который служит для подогрева воды в холодное время года. ТЭН1 передает сигнал на контроллер, и контроллер в свою очередь выдает управляющее воздействие. После бака № 2 установлен насос Н1 и задвижка, которые также управляются с помощью МПК. Далее вода поступает в бак № 5.

Третья линия – линия подачи масел или отходов углерепереработки. Схема подачи аналогична второй линии. Линия подачи мазута, как резервного топлива аналогична линии подачи воды и нефтепродуктов.

Четвертая линия – линия подачи угля. Из бака № 4 через заслонку № 3, которая управляется МПК, уголь попадает на конвейер № 3. После конвейера № 3 уголь попадает в дробилку № 2, которая аналогична Дробилке № 1. После Дробилки № 2 стоит заслонка № 4 и далее конвейер № 4. Мельница, стоящая после конвейера № 4 служит для создания помола заданного размера, в которой также установлен датчик переполнения ДПЗ, сигнал от которого поступает на контроллер. Далее установлена заслонка № 5 и конвейер № 5, от которых сигнал поступает на МПК для выработки им управляющего воздействия. После Конвейера № 5 уголь заданного помола поступает в бак № 6.

В Баке № 6 осуществляется смешение всех четырех составляющих. В баке № 6 установлены датчики расхода (ДРЗ), уровня (ДУЗ) и температуры (ДТЗ), а также мешалка (М). На выходе из бака № 6 установлен насос НЗ и задвижка.

5 Проектирование функциональной схемы (схемы автоматизации) АСУ ТП на основе микропроцессорной техники

Функциональная схема демонстрирует работу системы, начиная с получения первичной информации датчиками и приборами и заканчивая реализацией управления технологическим процессом.

Функциональная схема автоматизированной системы топливоприготовления представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.007 С1.

Процесс топливоприготовления имеет четыре начальные точки поступления компонентов топлива. Процесс приготовления угля начинается с поступления в бак 2, когда в баке достигается необходимый уровень заполнения углем, открывается заслонка. Уголь по конвейеру 5 поступает в дробилку, которая измельчает его до размеров от 0 до 100 мм. Далее после открытия заслонки, по конвейеру 6, который работает от электропривода, поступает в мельницу, которая измельчает в угольную пыль до размера от 0 до 20 мм. Далее угольная пыль по конвейеру 3 поступает в бак 6.

Процесс измельчения отходов начинается с поступления их в бак 1, при наполнении которого до заданного уровня открывается заслонка, и отходы поступают на конвейер 1. Далее отходы попадают в дробилку, которая измельчает их до размера от 0 до 100 мм. Далее отходы по конвейеру 2 поступают в смешивающий бак 6.

Процессы подачи воды, нефтепродуктов, и мазута происходит из баков 3, 4, 5 регулирование подачи осуществляется с помощью насоса. Для поддержания температуры компонентов внутри баков установлены подогреватели.

В баке 6 происходит смешивание всех компонентов топлива, для того чтобы топливо не расслаивалось установлена мешалка. Для поддержания температуры топлива установлен подогреватель. Измерение температуры бака 6 происходит в трех точках, т.к. объем бака большой.

В баках 3 – 6 осуществляется измерение уровня с помощью аналоговых сигналов 10а..13а. В баках 1, 2 стоят сигнализаторы уровня 5а, 9а, когда достигается заданное значение в баках 1, 2, происходит открытие или закрытие заслонки 31 и 38. Далее запускаются конвейеры с помощью сигналов 30,32, 35, 37, 39. После Дробилок 1,2 и Мельницы установлены заслонки, которые управляются сигналами 33, 34, 36. Также на Дробилках 1,2 и Мельницы установлены сигнализаторы уровня ба..8а.

Измеряемыми параметрами являются температуры в баках с жидкими компонентами топлива 1а..4а, в зависимости от температуры окружающей среды температура должна поддерживаться выше 0°С. Регулируется температура в баках с помощью ТЭНов, которые регулируются дискретными сигналами 41..44. Еще одним измеряемым параметром в баках 3-6 является уровень 10а..13а. На выходе из баков 3, 4, 5 происходит измерение расхода 14а...17а, сигнал от датчиков аналоговый. Далее установлены питающие насосы Н1 – Н4, которые включаются при открытии РО1 – РО4. Управление электродвигателем насосов осуществляется через пускатель 26в..32в. Включение или отключение двигателя может также осуществляться в ручном режиме с помощью кнопки 28б. Также осуществляется сигнализации рабочего состояния двигателя. В баке 6 установлена мешалка для перемешивания топлива, которая управляется электродвигателем сигнала 40.

6 Составление заказной спецификации ТСА

Разработка автоматизированной системы приготовления суспензионного топлива включает в состав рабочей документации спецификацию оборудования, изделий и материалов. Спецификация представляет собой основной проектный документ, определяющий типы и техническую характеристику примененных в рабочей документации приборов, средств автоматизации, щитов, пультов, электроаппаратов, технических средств автоматизации, а также предусмотренные рабочей документацией изделия и материалы, необходимые для производства работ по монтажу системы.

На основе структурной схемы и опросных листов разработана спецификация на технические средства автоматизации.

Спецификация на ТСА нижнего, среднего, верхнего уровней автоматизации представлена в графическом материале на листе ФЮРА 421000.007 СО1.

7 Составление опросных листов на приборы и средства автоматизации

Опросные листы на заказ ТСА входят в состав рабочей документации систем автоматизации и предназначены для подбора необходимого для разрабатываемой системы оборудования. В опросном листе на ТСА указываются все необходимые для реализации автоматизированной системы характеристики приборов и точные технические параметры, с описанием мест установки прибора, условий эксплуатации и т.д. По указанной в опросных листах информации (требованиям) происходит подбор оптимальных вариантов технических решений и формируется необходимая комплектация оборудования.

Опросные листы на ТСА нижнего, среднего, верхнего уровней автоматизации для разрабатываемой АСПТ представлены в графических материалах.

8 Выбор технических средств системы управления, составление спецификации

Выбор оборудования осуществляется на основе опросных листов с учетом всех характеристик измеряемой среды, окружающей среды, а также особенностей технологического процесса.

8.1 Выбор измерительного преобразователя температуры

В автоматизированной системе топливоприготовления используются датчики температуры для измерения жидкостей в баках. Измеряемая среда: вода, нефтепродукт, мазут, суспензия. В качестве датчика температуры в соответствии с опросным листом ФЮРА 421000.007 ОЛ7 был выбран термопреобразователь сопротивления. Температура в бак будет колебаться не более 50 °С, поэтому рекомендуется использовать датчики температур с НСХ 50М или 100М. Рассмотрим несколько вариантов.

Первым вариантом является термопреобразователь сопротивления производителя «Овен» ДТС015М-50М.1,0.50.120.И[1]. [38]

Вторым вариантом является термометр сопротивления ТСМУ-3125 фирмы-производителя «Теплоприбор» [39]

Третьим рассмотренным вариантом является термопреобразователь фирмы-производителя «Элемер» типа ТПУ-205 100М. [40]

Технические характеристики датчиков температуры представлены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Технические характеристики датчиков температуры

Производитель	Овен	Теплоприбор	Элемер
Тип	ДТС015М-50М.1,0.50.120.И[1]	ТСМУ-3125	ТПУ-205
Диапазон измерений, °С	0...150	0...150	-50...100
Выходные сигналы	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Класс точности	0,5 %	0,5 %	0,5 %

Выбран термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом серии ТПУ-205. Данный прибор зарекомендовал себя на рынке как надежный и долговечный датчик.

8.2 Выбор датчика уровня в баках с водой и нефтепродуктами и суспензиями

Необходимо выбрать сигнализаторы уровня и уровнемеры жидких и сыпучих сред. Сигнализаторы уровня жидкостей могут быть поплавковые, магнитные, кондуктивные, емкостные, оптические, вибрационные, ультразвуковые, гидростатические. Так как в системе нужно измерять уровень в баках с жидкими веществами, будем использовать самые простые и дешевые поплавковые уровнемеры.

Уровнемер поплавковый потенциометрический ЭЛЕМЕР-УПП-11. Предназначен для измерения, контроля и непрерывного преобразования значений уровня жидких, в том числе агрессивных и взрывоопасных сред, в унифицированный выходной токовый сигнал и цифровой сигнал HART-протокола, а также дискретный релейный выход. [41]

TUBA 1" – регулятор уровня поплавкового типа с малым диаметром корпуса (1") трубчатого вида. Расходомер разработан для использования в местах с ограниченным доступом. Применяется с жидкостями широкого диапазона плотностей (0,75...1,5) слабой и средней степени агрессивности. Возможна установка в воду на глубину до 55 м. Высокая точность обеспечивается дифференциальным углом $\pm 20^\circ$. Может устанавливаться тремя способами: закреплением на стержне, вертикальным подвешиванием на кабеле с внешним балластом или горизонтальным монтажом на боковых стенках резервуара через уплотнители. Настраивается на сигнализацию/реагирование по переходу через заданный уровень продукта (заполнение или опустошение). [42]

Магнитный уровнемер Nivomag применяются для контроля и регулирования уровня жидкости. Поплавков из нержавеющей стали перемещается под воздействием гидростатической силы контролируемой

жидкости. С помощью магнита соединенного с поплавком, воздействие бесконтактно передается микропереключателю, установленному в корпусе датчика. [43]

Характеристики датчиков уровня представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Технические характеристики уровнемеров жидких сред

Тип	ЭЛЕМЕР-УПП-11	TUBA 1"	Nivomag
Температура жидкости, °С	-30...+85	0...+85	-50...+250
Плотность жидкости	0,6...1,2 кГ/л	0,7... 1,5 кГ/л	0,7... 0,85 кГ/л
Тип жидкости	жидкие, в том числе агрессивные и взрывоопасные среды	Чистые жидкости, вода, масла, буровые растворы	Чистые жидкости, вода, нефтепродукт, масла

В соответствии с опросным листом ФЮРА 421000.007 ОЛ8 были выбраны уровнемеры TUBA 1". TUBA 1" имеет большой диапазон плотности жидкости, что является важным для суспензионного топлива.

Сигнализаторы уровня сыпучих материалов имеют несколько типов: наклонного, ротационного, флажкового, вибрационные, емкостные, ультразвуковые и микроволновые. Для контроля уровня в баках, дробилках и мельницах достаточно использовать простые и экономически выгодные вибрационные датчики. Рассмотрим самые распространенные из них.

Вибрационный датчик уровня INNOLevel VIBRO может применяться для сигнализации уровня заполнения, опустошения или промежуточного уровня в емкостях с сыпучими веществами [44]. Установка вертикально, горизонтально или под углом. Датчик предназначен для использования с мелкозернистыми и пылевидными материалами с плотностью от 60 г/л, при температуре от -40 °С до +150°С, которые не склонны к налипанию, а также для применения в емкостях с избыточным давлением.

Mononivo 4000 предназначен для работы с сыпучими продуктами любых типов и во всех видах промышленных резервуаров, при этом поддерживает легкие материалы плотностью от 20 г/л [45]. Сигнальные выходы позволяют использовать прибор как регулятор (250 VAC 8A, 30VDC

5 А не индуктивной нагрузки). Есть выход с открытым коллектором (PNP 0,4 А), защищенный от короткого замыкания и перегрузки.

Виброзонд Vibranivo может применяться по необходимости как сигнализатор уровня заполнения, опустошения или промежуточного уровня в емкостях с сыпучими веществами [46]. Главным образом приборы предназначены для использования с мелкозернистыми и пылевидными материалами плотностью от 5 г/л, с температурой процесса до +150°С и избыточным давлением до 10 бар. Эти приборы являются также отличным решением для особо легких веществ или при высоких механических нагрузках.

Технические характеристики сигнализаторов уровня для сыпучих сред представлены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Технические характеристики сигнализаторов уровня сыпучих сред

Тип	INNOLevel VIBRO	Mononivo 4000	Vibranivo VN4000
Температура материалов, °С	-40...+150	-40...+150	0...+150
Плотность материала	от 60 г/л	от 20 г/л	от 5 г/л

Для таких компонентов, как отходы и уголь, лучшим вариантом будет Mononivo 4000, в соответствии с опросным листом ФЮРА 421000.007 ОЛ9. Он может выступать как регулятор, так и сигнализатор уровня, а также предназначен для сыпучих продуктов любого типа.

8.3 Выбор расходомеров

Для системы топливоприготовления используются 4 расходомера, которые измеряют расход несжимаемых жидкостей и суспензии, которая представляет собой смесь всех компонентов.

В качестве датчиков расхода, в соответствии с опросным листом ФЮРА 421000.007 ОЛ10, можно использовать датчики дифференциального

давления, как наиболее распространённый и дешёвый вариант. Рассмотрим три варианта популярных и надёжных расходомеров.

ЭЛЕМЕР-100 – один из лучших российских интеллектуальных датчиков давления с широкими функциональными возможностями [47]. Датчики оснащены современными тензорезистивными или емкостными сенсорами. Датчики оснащены многофункциональным 5-разрядным ЖК-индикатором с подсветкой и графической шкалой.

Расходомеры Метран-350SFA на базе осредняющей напорной трубки Annubar предназначены для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического контроля, а также в системах технологического и коммерческого учета [48].

Расходомер Rosemount 3051 один из самых популярных датчиков [49]. Копланарный фланец и возможность прямого монтажа обеспечивают простую и недорогую установку и универсальность.

Технические характеристики некоторых датчиков дифференциального давления приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Технические характеристики датчиков расхода

Тип	ЭЛЕМЕР-100 ДД	Метран-350SFA	Rosemount 3051
Диапазон измерений	0,063 кПа...16 МПа;	до 25 МПа	до 25 МПа
Выходные сигналы	0...5 мА; 0...20 мА; 4...20 мА; HART; Modbus RTU;	4-20 мА; HART;	4-20 мА; HART
Погрешность	от $\pm 0,15$ %	до $\pm 0,8$ %	$\pm 0,125$ %

Выберем преобразователь давления ЭЛЕМЕР 100 ДД для воды, имеющий высокую точность и подходящие эксплуатационные характеристики. Для измерения расхода нефтепродуктов, мазута и суспензии необходимо использовать датчик расхода с высокой степенью взрывозащиты, так как данный компонент является легко воспламеняемой и взрывоопасной жидкостью. Выберем аналогично преобразователь давления ЭЛЕМЕР 100 ДД, но во взрывозащищенном исполнении.

8.4 Выбор программируемого логического контроллера

Выбор контроллера должен быть основан на предъявляемых требованиях в опросном листе ФЮРА 421000.007ОЛ6. Требования системы к устройству и работе контроллера:

- 1) Система топливоприготовления должна быть построена на микропроцессорных контроллерах промышленного назначения, выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61508-1-2007;
- 2) производитель ПЛК должен быть сертифицирован в соответствии с международным стандартом качества ISO-9001;
- 3) ПЛК должен поддерживать стандарт МЭК 61131-3;
- 4) ПЛК должен иметь модульную архитектуру и предусматривать возможность замены аппаратных коммуникационных модулей и модулей ввода/вывода без остановки работы ПЛК;
- 5) прикладное программное обеспечение ПЛК должно сопровождаться специализированной программной средой для визуальной конфигурации прикладных данных ПЛК, тестирования функций, диагностики всех модулей и программного обеспечения в частности;
- 6) в ПЛК должна функционировать операционная система реального времени, обеспечивающая обработку критически важных прерываний за заданное время;
- 7) ПЛК должен реализовывать функции самодиагностики всех модулей и целостности программного обеспечения;
- 8) для ПЛК должен быть предусмотрен монтаж в специальных щитах автоматики.

Рассмотрим три наиболее широко известных производителя микропроцессорной техники – Овен, Siemens, АБС ЗЭиМ Автоматизация.

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100 моноблочный контроллер с дискретными входами/выходами, для автоматизации малых систем [50].

К особенностям ОВЕН ПЛК100 относят: корпус на DIN-рейке; дискретные входы и выходы в корпусе ПЛК; наличие портов RS485, RS-232 и Ethernet; возможность расширения количества точек ввода и вывода за счет подключения дополнительных модулей ввода и вывода через встроенные интерфейсы; питание ПЛК возможно как 220 В переменного тока, так и 24 В постоянного тока. Программирование контроллеров ОВЕН ПЛК100 осуществляется профессиональной системой программирования CODESYS v.2.

ПЛК КРОСС-500 имеет оптимальное соотношение производительности и стоимости [51]. Контроллер предназначен для построения высокоэффективных систем автоматизации. Преимущества КРОСС-500: проектно-компонованный состав, высокий уровень надежности и живучести, возможности резервирования. Область применения контроллера: системы автоматизации технологических объектов широкого класса (простых и сложных, сосредоточенных и распределенных в пространстве) в различных отраслях с непрерывными и дискретными технологическими процессами (энергетические, химические, нефте- и газодобывающие, машиностроительные и т.п.).

Программируемые логические контроллеры Siemens S7-300 имеют блочную (модульную) конструкцию, которая позволяет заказчику компоновать ПЛК в соответствии с техническими требованиями [52]. ПЛК S7-300 способен работать в реальном времени и может быть использован для построения узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем управления. Контроллеры осуществляют обмен данными через сети PPI, MPI, Industrial Ethernet, а также через интернет и системы модемной связи.

Контроллер ОВЕН обладает более низкой ценой и значительно более низким быстродействием. Так же он является моноблочным, что для нашей

системы не целесообразно, так как, возможно, в процессе работы потребуется увеличить количество входов и выходов системы управления. Контроллер Simatic S7- 300 соответствует требованиям представленным в опросном листе ФЮРА.421000.007ОЛ6, однако имеет высокую цену. Оптимальным выбором для данной системы является контроллер КРОСС-500.

В состав программируемого логического контроллера КРОСС-500 были выбраны следующие модули:

- 1) блок центрального процессора БЦП2 (включает возможность для подключения ПЛК к сети Industrial Ethernet/PROFINET);
- 2) блок питания БП (ЯЛБИ.426449.097);
- 3) два модуля ввода аналоговых сигналов AI1-8. Модули имеют 8 аналоговых входов;
- 4) пять модулей ввода дискретных сигналов DI1-8;
- 5) четыре модуля вывода дискретных сигналов DO1-8;
- 6) микропроцессорный контроллер МК2.

8.5 Выбор исполнительного механизма

Исполнительные механизмы (ИМ) предназначены для перемещении регулирующего органа и являются его приводной частью. В автоматизации объектов теплоэнергетики чаще всего используют электрические ИМ. Преимущественно электрический ИМ включает электродвигатель и редуктор, которые вместе представляют собой электропривод, блок датчиков положения и штурвал. Блок датчиков состоит из блока концевых и путевых выключателей, а также датчика положения ИМ. Концевые выключатели выполняют функцию отключения электродвигателя при достижении крайних положений выходного вала ИМ. Путевые выключатели позволяют коммутировать электрические цепи управления под воздействием управляющих упоров в определённых точках пути контролируемого объекта.

В зависимости от назначения в комплекте ИМ имеются различные датчики положения: реостатные (резистивные), индуктивные, токовые.

Тип трубопроводной арматуры определяет тип ИМ. ИМ бывают нескольких видов: МЭО – однооборотный, МЭОФ – однооборотный фланцевый, МЭП – прямоходный постоянной скорости. В данной работе предполагается использование запорно-регулирующего крана, который позволяет управлять интенсивностью потока и подачи воды, нефтепродуктов и мазута, а также готового топлива. Следовательно, тип ИМ – МЭОФ.

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

Максимальный крутящий момент МЭО вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338;$$

$$M_{\max} = 6,89 \cdot 160 - 338 = 764,4 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где D_y - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе ИМ типа МЭО выполнение условия $M_H > M_{\max}$ обязательно. Далее выбираем по каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭИМ Автоматизация» МЭОФ с номинальным значением момента на выходном валу 1000 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с. В составе с токовым блоком сигнализации положения выходного вала БД-10АМ; Тип МЭОФ–1000/25–0,25-07К.

Установка фланцевых механизмов производится непосредственно на трубопроводной арматуре и соединяются с регулирующим органом посредством фланца.

Электрическое питание двигателя механизма МЭОФ с номинальным крутящим моментом 1000 Н·м осуществляется от сети переменного тока напряжения 380 В с частотой 50 Гц. Блок датчиков МЭОФ состоит из датчиков положения, а также имеет концевые и путевые выключатели, представляющие собой дискретные уставки по положению и моменту [53].

8.6 Выбор насосного оборудования

В разрабатываемой автоматизированной системе необходимо использование насосного оборудования, которое включает в себя питающий насос, подающий воду от магистрального трубопровода, а также основной и резервный насосы для подачи нефтепродуктов, масел и мазута. Вязкость может быть повышенной и иметь твердые включения, поэтому при выборе насосного оборудования необходимо учитывать эту специфику. Рассмотрим насосы, пригодные для перекачки вязких жидкостей и жидкостей с твердыми включениями. Перистальтический насос Abaque обладает хорошим эффектом самовсасывания и способен перекачивать твердые включения [54]. По конструкции данные насосы, моноблочные (вал электродвигателя находится непосредственно в насосной части) с одним рабочим колесом. Насос IR/IR4P/MG2 является моноблочным с фланцевым присоединением по стандарту UNI EN 1092-2. Электродвигатели у данных насосов – стандартные асинхронные [55]. Насос MegaCPK является центральным центробежным и пригоден для работы с агрессивными жидкостями и жидкостями, содержащими включения [56]. В таблице 8.5 представлено насосное оборудование, пригодное для работы с высоковязкими средами (топливо, нефть, масла).

Таблица 8.5 – Технические характеристики насосного оборудования

Тип	Abaque	IR/IR4P/MG2	MegaCPK
Производительность, м ³ /час	77	54	<1160
Температура перекачиваемой среды, °С	-10...+100	-15...+120	-10...+400
Материал	Нержавеющая сталь	Нержавеющая сталь, бронза	Нержавеющая сталь
Тип привода	Электродвигатель	Электродвигатель	Электродвигатель
Максимальное давление, МПа	2	10	2
Перекачка среды с абразивными частицами	Да	Да	Да
Цена, руб.	60960	64595	71500

Выбираем насос MegaCPK в связи с тем, что данная модель имеет оптимальное для разрабатываемой системы максимальное давление. Насос используется для перекачивания агрессивных жидкостей в нефтехимической промышленности, установках пожаротушения и для перекачивания рассолов, нефти, жидкостей с повышенной вязкостью.

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации представлена на листе ФЮРА 421000.007 СО2.

9 Проектирование схемы внешних проводок

Монтажная документация предназначена для выполнения монтажных работ. Эту документацию также используют в процессе эксплуатации, наладке, ремонте и выполнения профилактических работ. Для сложных систем автоматизации отдельно выполняют монтажные схемы щитов, пультов, внешних электрических и трубных проводок. Монтажная схема внешних электрических проводок выполнена на одном листе с шифром ФЮРА.421000.007 С4.

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

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

Монтажные схемы, показывают каким образом соединены между собой клеммы или выводы технических средств, расположенных:

- 1) на конструкции;
- 2) за пределами конструкций.

Для разработки монтажной документации используются следующие материалы:

- 1) функциональная схема;
- 2) техническая документация заводов изготовителей средств автоматизации и других средств:
 - техническое описание;
 - инструкция по эксплуатации;
- 3) общие виды щитовых и других конструкций.

В магистерской диссертации необходимо разработать схему внешних проводок автоматизированной системы управления процессом приготовления суспензионного топлива, для этого нужно выполнить следующие этапы:

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

На схеме вверху поля чертежа представлена таблица с поясняющими надписями. Под этой таблицей расположены изображения измерительных преобразователей, которые установлены на технологическом оборудовании и технологических трубопроводах.

Щит автоматизации изображен в виде прямоугольника в нижней части чертежа. В прямоугольнике показаны блоки зажимов, а также подключенные к ним жилы кабелей и провода с соответствующей маркировкой.

Измерительные преобразователи, исполнительные механизмы и шкаф управления соединены между собой электрическими линиями связи, выполненными с помощью электрических кабелей.

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

Цель проектирования внешних электрических и трубных проводок это создание монтажной документации, необходимой для прокладки трубных и электрических проводок, коммутации токоведущих жил и труб к техническим средствам автоматизации и вспомогательным элементам, проверки проводок и ввода их в эксплуатацию.

Для линий питания выбираем кабели с алюминиевыми жилами типа АКРВБГ сечением $2,5 \text{ мм}^2$ с броней из двух стальных оцинкованных лент.

Выбранные кабели, а также их технические характеристики представлены в таблице 9.1 [57].

Таблица 9.1 – Характеристики проводов и кабелей электропроводки АСУ

№ линии	Марка	Кол-во жил	Номинальное сечение, мм ²
1-19	КВВГ	4	0,75
20-25	КВВГ	5	1,5
26	КВВГ	32	0,75
27	КВВГ	24	1
28, 30, 32, 34	АКРВБГ	4	2,5
29, 31, 33, 35	КРВГ	4	1
36	КВВГ	8	1,5
37	КВВГ	12	1,25

Кабеля необходимо протянуть на внушительные расстояния, для этого применяются защитные трубы. В качестве защиты кабелей были выбраны стальные электросварные тонкостенные трубы по ГОСТ 10704-91, которые могут применяться в сухих и влажных помещениях. Для кабелей линий питания защитные трубы не выбираются, так как кабели изначально бронированные.

Схема монтажная представлена на листе формата А1 с шифром ФЮРА.421000.007 С4.

10 Проектирование принципиальной электрической схемы щита управления и составление перечня щита управления

Принципиальные электрические схемы содержат полный состав приборов, аппаратов и устройств, действие которых обеспечивает решение задач управления, регулирования, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные схемы представляют собой чертежи, которые используются для подключения всех устройств в щите управления.

Для разработки принципиальной электрической схемы был выполнен ряд действий:

- 1) нанесены на схему развернутые изображения элементов технических средств автоматизации на основании данных, полученных в ходе разработки функциональной и структурной схем;
- 2) произведено соединение проводов устройств, с помощью клемм, по требованиям завода изготовителя оборудования;
- 3) нумерованы проводники.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического и текстового материала выбрано для облегчения чтения этого чертежа. Принципиальная электрическая схема выполнена с применением условных графических изображений.

Для однозначной записи в сокращенной форме сведений об элементах и устройствах применяются условно буквенные обозначения согласно ЕСКД ГОСТ 2.710-81. Прописные буквы, а также цифры латинского алфавита присвоены элементам схемы согласно их назначению. На основании принятых обозначений составлен перечень элементов.

В данном разделе была разработана схема электрическая принципиальная АСУ процессом приготовления суспензионного топлива, приведенная на листах с шифром ФЮРА.421000.007 Э4.

Электропитание всех технических средств осуществляется от распределительного щита питания переменным напряжением 220 В, 50 Гц.

На основании электрической схемы был составлен перечень элементов щита управления. Перечень представлен на отдельных листах с шифром ФЮРА.421000.007 ПЭ.

11 Разработка сборочного чертежа щита управления и составление спецификации щита управления

Щит управления представляет собой шкаф, в котором располагаются средства контроля и управления технологическим процессом, а также приборы и устройства сигнализации.

Установка шкафов автоматизации происходит в производственных и специальных щитовых помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.п.

Целью данного этапа является составление комплекта чертежей, необходимых для изготовления щита, монтажа технических средств автоматизации, электрических проводок и эффективной эксплуатации средств автоматизации.

Общий вид щита представлен на чертеже с шифром ФЮРА.421000.007 ВО. Сборочный чертеж щита управления представлен на отдельных листах с шифром ФЮРА.421000.007 СБ.

Учитывая конструктивные особенности, в том числе степень защиты от прикосновения к токоведущим частям, в операторском помещении применим для монтажа средств автоматизации разрабатываемой системы регулирования щит шкафной Rittal ES 5884.500 [58].

Для оперативного контроля за ходом технологического процесса разместим в необходимом и достаточном количестве на щите модульный контроллер, питание, защиты, автоматические выключатели и сборки зажимов. Также в шкафу для поддержания микроклимата стоит вентилятор, и вентиляционное отверстие.

В данном случае для размещения средств автоматизации используем щит с одиночный, шириной 800 мм [58].

Чертеж общего вида одиночного щита содержит вид на внутреннюю плоскость, и вид спереди. Сборочный чертеж представлен на четырех листах,

который включает вид на внутреннюю плоскость, вид спереди, монтажную панель, и вид на дверь шкафа.

Контроллер 1 расположен в верхней части щита. Монтаж контроллера осуществляется с помощью винтов. В нижней части панели щита расположены сборки зажимов.

На основании сборочного чертежа щита управления была составлена спецификация щита управления. Спецификация представлена на отдельных листах с шифром ФЮРА.421000.007 СБС.

12 Разработка фрагментов информационного, математического и программного обеспечений

Разработка программного и информационного обеспечений включает в себя написание блок-схемы реализации работы программы для автоматизированной системы управления процессом приготовления суспензионного топлива. Блок-схема представлена на рисунках 10.1-10.3. Начало работы программы включает проверку задания в карте режимов. Оператор задает требуемое топливо с теми или иными характеристиками. Далее происходит опрос датчиков, и при выполнении условий происходит срабатывание заслонок, включения конвейеров и дробилок для твердотопливных компонентов. На рисунке 12.1 представлена блок-схема для измельчения твердых бытовых отходов и угля.

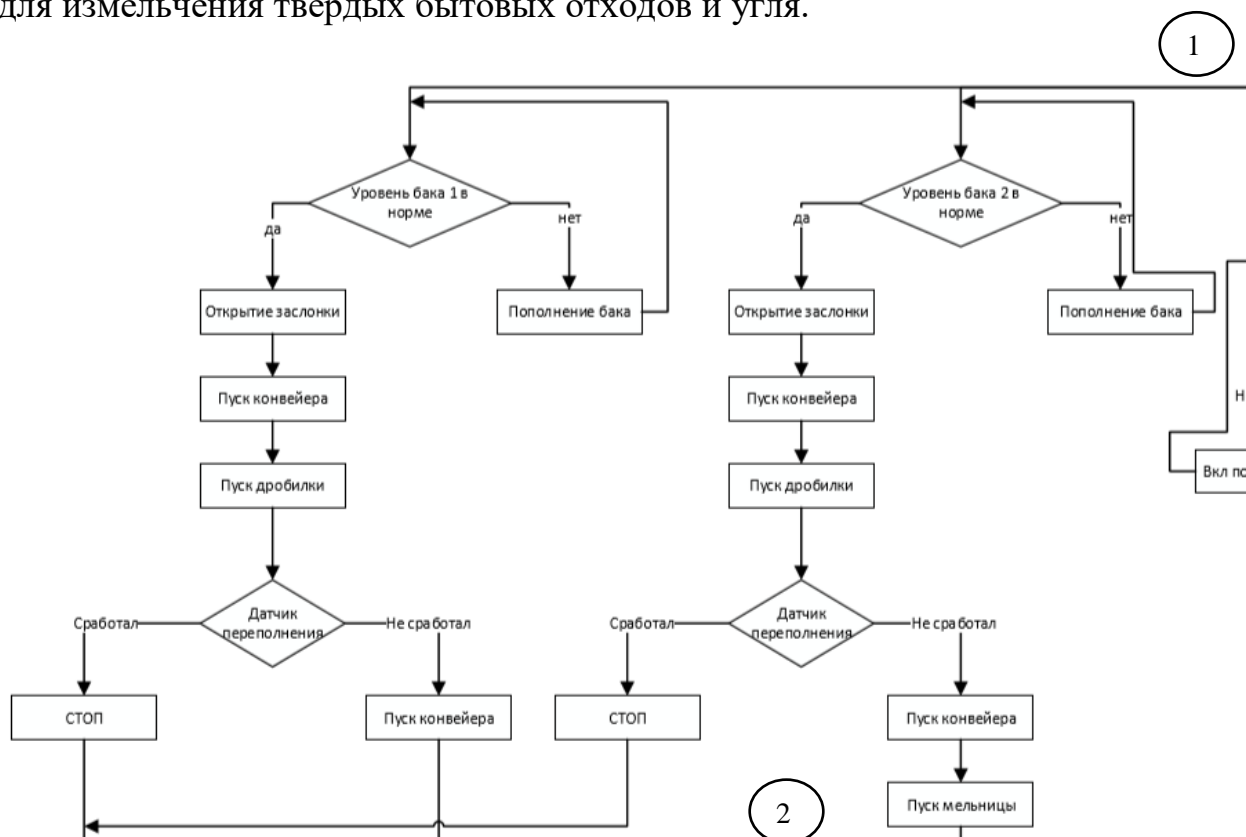


Рисунок 12.1 – Часть блок-схемы для твердотопливных компонентов системы

На рисунке 12.2 представлена часть блок-схемы для подачи из баков воды, нефтепродуктов.

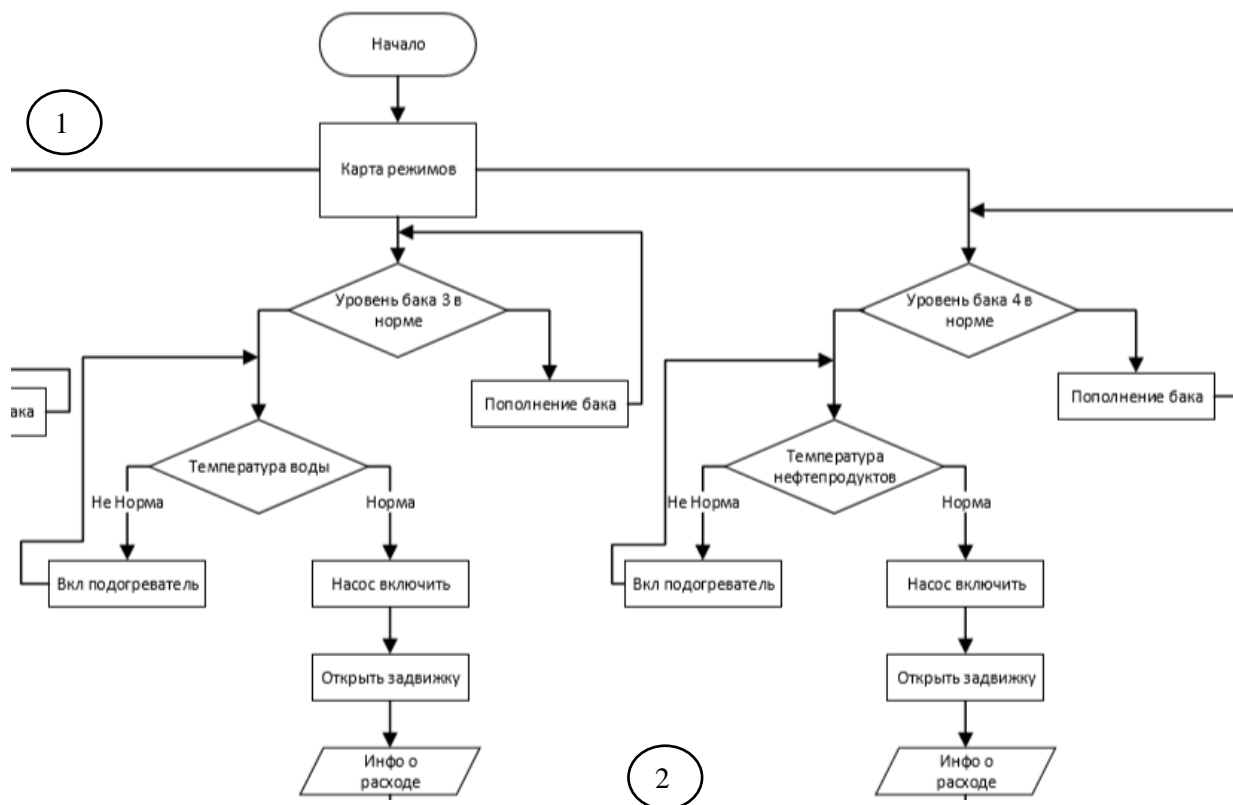


Рисунок 12.2 – Часть блок-схемы для подачи из баков воды, нефтепродуктов

При аварийной ситуации происходит запуск резервного топлива – мазута. Все компоненты приходят в смешивающий бак, блок-схема работы которого представлена на рисунке 12.3.

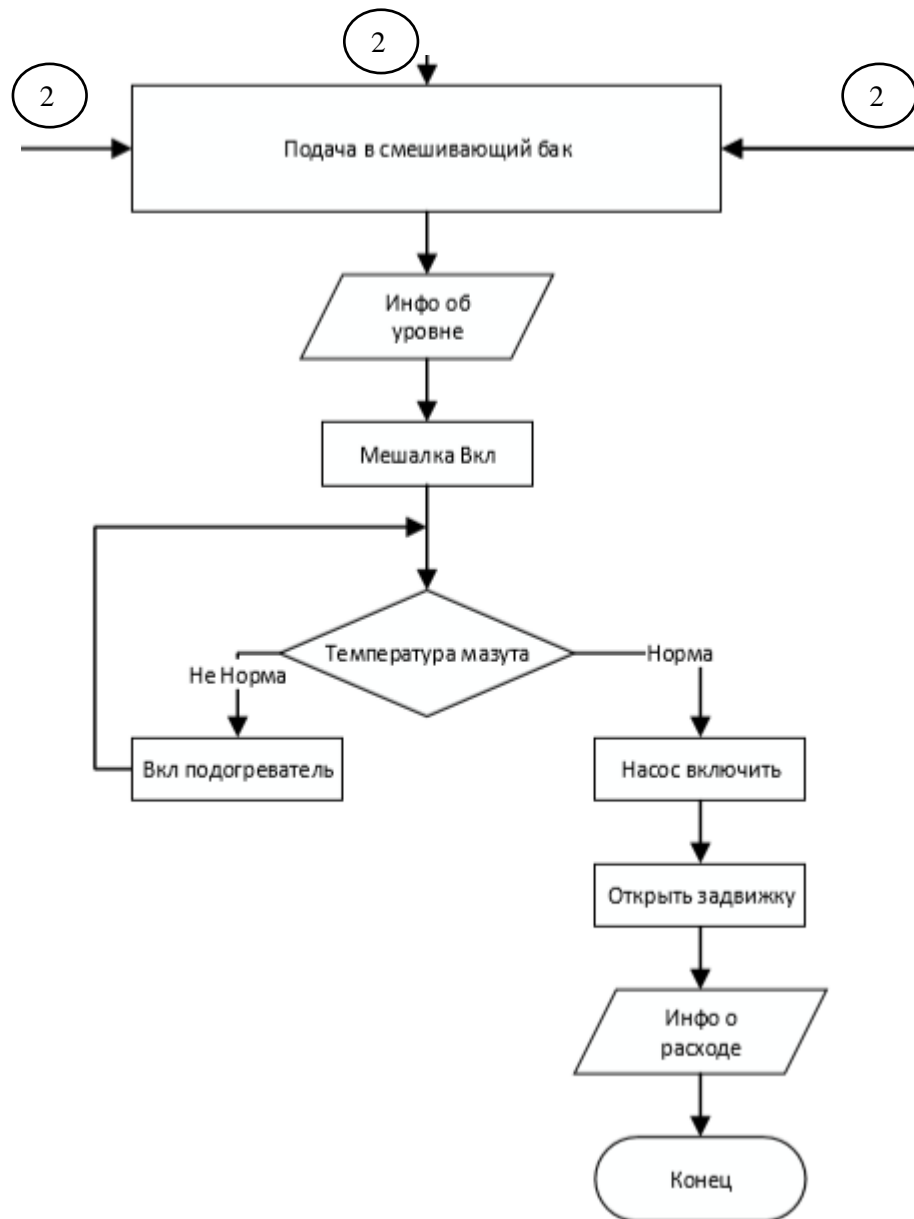


Рисунок 12.3 – Блок-схема реализации работы смешивающего бака

Из смешивающего бака топливо подается для сжигания, это является концом цикла.

13 Разработка мнемосхем SCADA-системы

Мнемосхема это графическое изображение, основанное на функциональной схеме управляемого объекта. Таким образом, схема описывает технологический процесс, используя программное управление. Мнемосхема является промежуточным звеном между оператором и производственным процессом, в процессе управления мнемосхема это источник данных о текущем состоянии системы и всех ее составляющих.

Общие требования, предъявляемые к мнемосхеме:

- 1) мнемосхема должна содержать элементы, необходимые оператору для контроля и управления объектом;
- 2) отдельные элементы или группы элементов, наиболее существенные для контроля и управления, должны выделяться размерами, формой, цветом;
- 3) форма и размеры панели должны обеспечивать оператору однозначное зрительное восприятие всех необходимых ему информационных элементов.

В соответствие с вышеизложенными требованиями была разработана мнемосхема для системы управления процессом приготовления суспензионного топлива, которые приведены на рисунке 13.1 - 13.3.

Разработан экран мнемосхемы, на которой верхняя часть показывает технологический процесс, работу всех датчиков и оборудования. Также с помощью графических элементов представлена обратная связь с датчиков и оборудования. Рисунок 13.1 показывает технологический процесс для твердых компонентов топлива. Рисунок 13.2 показывает работу баков с жидким топливом и смешивающего бака.

Нижняя часть мнемосхемы реализует управление системой с помощью кнопок (рисунок 13.3).

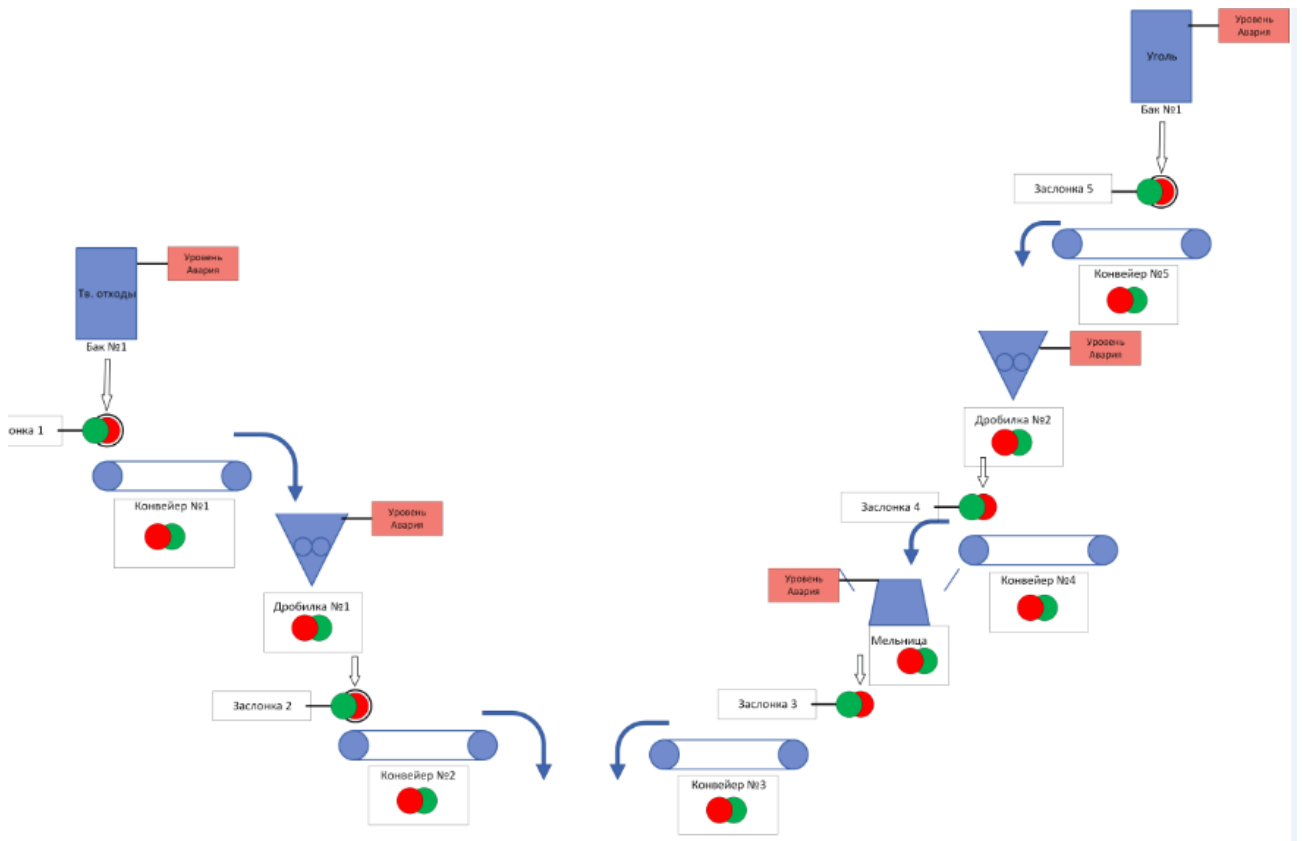


Рисунок 13.1 – Экранная форма SCADA-системы для твердотопливных КОМПОНЕНТОВ

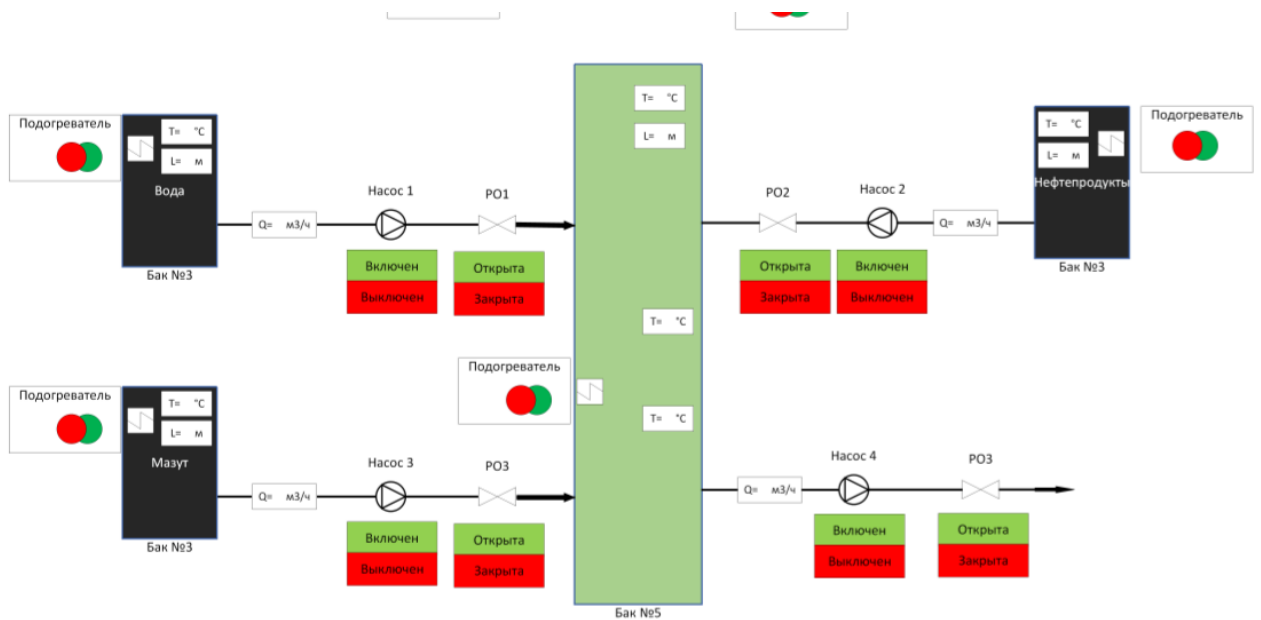


Рисунок 13.2 – Экранная форма SCADA-системы для жидких компонентов и смешивающего бака



Рисунок 13.3 – Экранная форма SCADA-системы реализации управления

14 Расчет параметров настройки регулятора

14.1 Идентификация объекта управления

Идентификация объекта управления предназначена для получения математической модели объекта управления. Существует два вида идентификации: активная и пассивная. Активная идентификация используется в инженерной практики. Она предусматривает подачу на объект исследования специализированного входного воздействия, после него по реакции объекта при обработке результатов получают математическую модель. Начальный этап идентификации предусматривает построение кривой разгона. Для АСУ приготовления суспензионного топлива для построения кривой разгона использована динамическая модель изменения расхода.

Порядок снятия кривой разгона: за счет изменения положения регулирующего органа на 10 % подается скачок, изменение расхода топлива является выходной величиной. Дискретность времени – 5 секунд. Результаты представлены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Изменение расхода суспензионного топлива

Время, с	Расход, м ³ /ч
0	0
5	2
10	6
15	10
20	18
25	26
30	36
35	50
40	58
45	62
50	66
55	68
60	70

Кривая разгона приведена на рисунке 14.1.

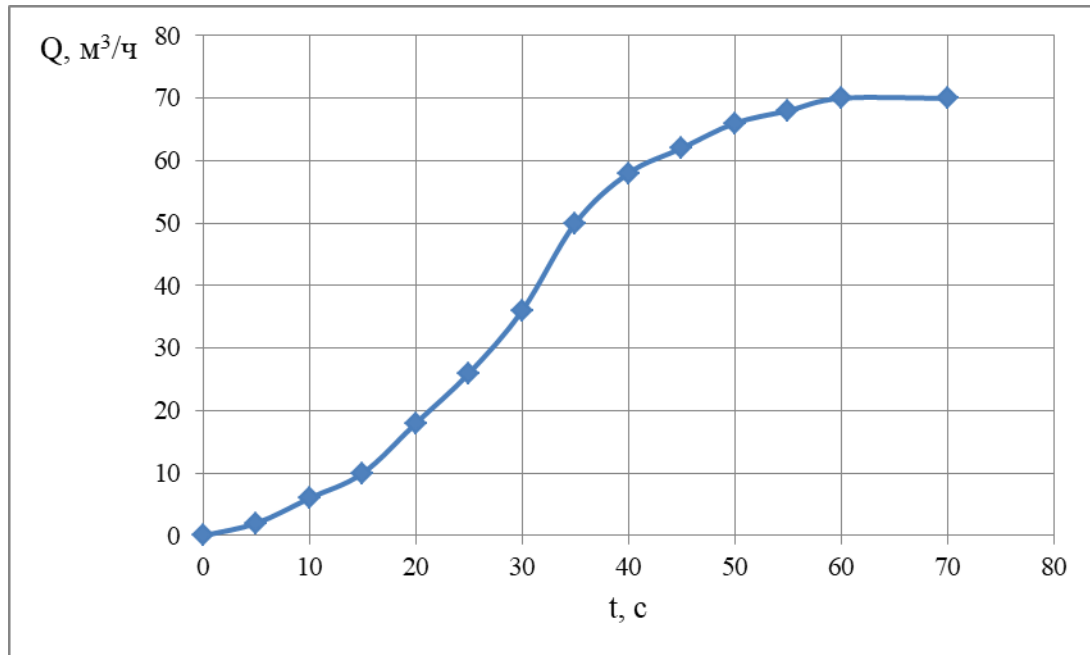


Рисунок 14.1 – Кривая разгона объекта управления опережающего контура:
 t – время, с, Q – расход, м³/ч

По кривой разгона характеристике необходимо определить динамические параметры объекта: постоянную времени T , запаздывание τ , коэффициент передачи K .

Для получения математического выражения передаточной функции для объекта используется вид передаточной функции в виде аperiodического звена с транспортным запаздыванием:

$$W(P) = \frac{k}{(TP+1)} e^{-P\tau}, \quad (14.1)$$

где k – коэффициент усиления, $\frac{^\circ\text{C}}{\text{т/ч}}$; P – оператор Лапласа; τ – время запаздывания, с; T – постоянная времени, с.

Определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры.

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Круг Е.К. и Мининой О.М..

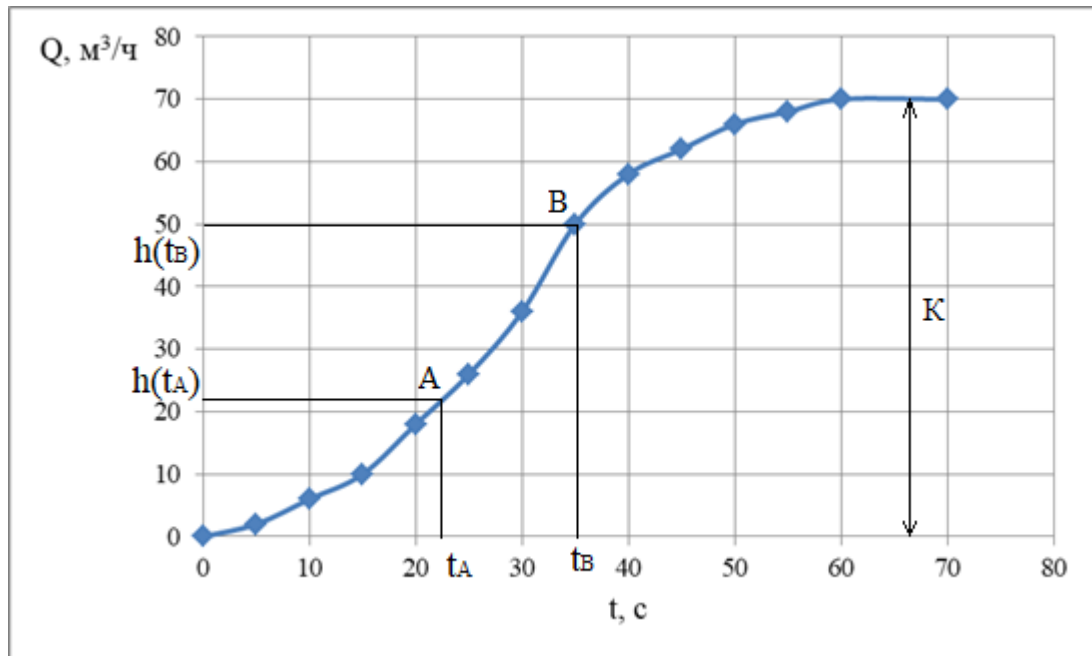


Рисунок 14.2 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора: τ – время, T – температура

Определяется время t_B по нормированной переходной функции $H(t)$, которое является корнем уравнения $h(t_B)$ и время t_A и $h(t_A)$. Затем вычисляются постоянная времени T и время запаздывания τ :

$$\tau = 0,5(3t_A - t_B), \quad (14.2)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{1.2} = 1,25(t_B - t_A). \quad (14.3)$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 22,5 - 35) = 16,25 \text{ с},$$

$$T = 1,25(35 - 22,5) = 15,625 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{70}{(15,625P + 1)} e^{-16,25P}.$$

14.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 14.3 представлена структурная схема системы регулирования, где $W_p(P)$ – передаточная функция регулятора, $W_{об}(P)$ – передаточная функция объекта.

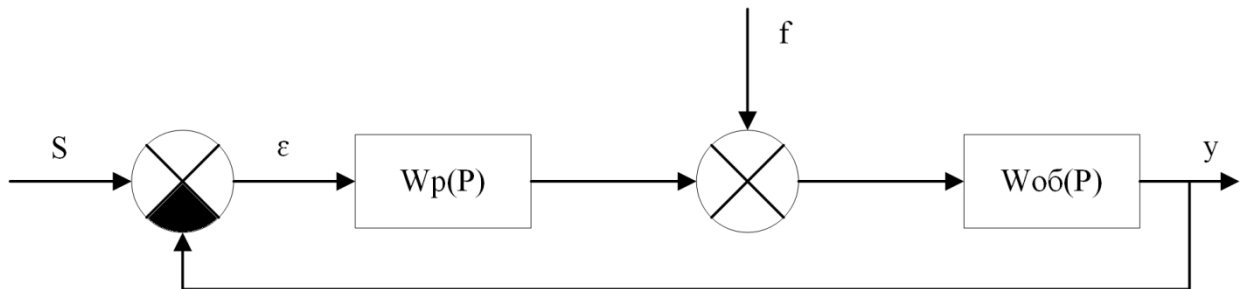


Рисунок 14.3 – Структурная схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени устойчивости равной $\psi=0,75$. Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,75) = 0,221 \quad (14.4)$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается выражением:

$$W_{об}(P) = \frac{70}{(15,625 \cdot P + 1)} \cdot e^{-16,25 \cdot P} \quad (14.5)$$

ОПН регулирующего устройства находим методом РАФЧХ с использованием программы MathCad.

Полученные значения частотных характеристик для диапазона от 0 до $0,04 \text{ c}^{-1}$ представлены в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Расширенные частотные характеристики объекта

w, c^{-1}	$Re_{об}(m,w)$	$Im_{об}(m,w)$	$A_{об}(m,w)$
0,001	70,45068	-2,25	70,487
0,002	70,81469	-4,535	70,96
0,003	71,08946	-6,851	71,419
0,004	71,27267	-9,194	71,863
0,005	71,36225	-11,559	72,292
0,006	71,35643	-13,941	72,706

Продолжение таблицы 14.2

w, c^{-1}	$Re_{06}(m,w)$	$Im_{06}(m,w)$	$A_{06}(m,w)$
0,007	71,25372	-16,336	73,102
0,008	71,05296	-18,738	73,482
0,009	70,75327	-21,143	73,845
0,01	70,35417	-23,545	74,189
0,011	69,85546	-25,939	74,516
0,012	69,25732	-28,32	74,824
0,013	68,56026	-30,683	75,113
0,014	67,76517	-33,022	75,383
0,015	66,87323	-35,333	75,633
0,016	65,88601	-37,609	75,865
0,017	64,80539	-39,848	76,076
0,018	63,63354	-42,042	76,268
0,019	62,37298	-44,189	76,44
0,02	61,02649	-46,283	76,592
0,021	59,59712	-48,321	76,725
0,022	58,08817	-50,298	76,838
0,023	56,50317	-52,211	76,932
0,024	54,84585	-54,056	77,007
0,025	53,12013	-55,83	77,063
0,026	51,33007	-57,53	77,1
0,027	49,47987	-59,154	77,12
0,028	47,57383	-60,699	77,121
0,029	45,61634	-62,163	77,105
0,03	43,61183	-63,545	77,071
0,031	41,56476	-64,843	77,021
0,032	39,47963	-66,056	76,955
0,033	37,36088	-67,184	76,873
0,034	35,21296	-68,225	76,776
0,035	33,04023	-69,18	76,665
0,036	30,84699	-70,048	76,539
0,037	28,63746	-70,83	76,4

Продолжение таблицы 14.2

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m, \omega)$	$\text{Im}_{об}(m, \omega)$	$A_{об}(m, \omega)$
0,038	26,41575	-71,526	76,248
0,039	24,18585	-72,137	76,083
0,04	21,95163	-72,664	75,907

Расчет параметров настройки ПИ-регулятора производится с помощью метода расширенных частотных характеристик:

$$\frac{k_p}{T_i} = \frac{-1}{A_{обP}^2(m, \omega)} \cdot \omega \cdot (m^2 + 1) \cdot \text{Im}_{обP}(m, \omega), \quad (14.6)$$

$$k_p = \frac{-1}{A_{обP}^2(m, \omega)} \cdot (\text{Re}_{обP}(m, \omega) + m \cdot \text{Im}_{обP}(m, \omega)), \quad (14.7)$$

где $\text{Re}_{об}(m, \omega)$ и $\text{Im}_{об}(m, \omega)$ расширенные ВЧХ и МЧХ эквивалентного объекта,

$A_{обP}(m, \omega) = \sqrt{\text{Re}_{обP}(m, \omega) + \text{Im}_{обP}(m, \omega)}$ - расширенная АЧХ эквивалентного объекта.

Расчет производится с использованием программы MathCad. Для нахождения значений параметров использован диапазон частот от 0 до 0,12 с^{-1} .¹ Полученные значения представлены в таблице 14.3.

Таблица 14.3 – Значение параметров ПИ-регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p	K_p/T_i
0,002	-0,014	0,000001889
0,004	-0,013	0,000007469
0,006	-0,013	0,00001659
0,008	-0,012	0,0000291
0,01	-0,012	0,00004486
0,012	-0,011	0,0000636
0,014	-0,011	0,00008532
0,016	-0,010	0,00011
0,018	-0,0093	0,00014

Продолжение таблицы 14.3

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p	$K_p/T_{и}$
0,02	-0,0086	0,00017
0,022	-0,0079	0,0002
0,024	-0,0072	0,00023
0,026	-0,0064	0,00026
0,028	-0,0057	0,0003
0,03	-0,0049	0,00034
0,032	-0,0042	0,00037
0,034	-0,0034	0,00041
0,036	-0,0026	0,00045
0,038	-0,0018	0,00049
0,04	-0,0010	0,00053
0,042	-0,0021	0,00057
0,044	0,00058	0,00061
0,046	0,00138	0,00064
0,048	0,0021	0,00068
0,05	0,0029	0,00071
0,052	0,0037	0,00075
0,054	0,0045	0,00078
0,056	0,0053	0,00081
0,058	0,0060	0,00083
0,06	0,0068	0,00086
0,062	0,0075	0,00088
0,064	0,0082	0,0009
0,066	0,0089	0,00091
0,068	0,0096	0,00093
0,07	0,01	0,00094
0,072	0,011	0,00094
0,074	0,012	0,00094
0,076	0,012	0,00094
0,078	0,013	0,00094

Продолжение таблицы 14.3

$\omega, \text{с}^{-1}$	K_p	K_p/T_i
0,08	0,013	0,00093
0,082	0,014	0,00091
0,084	0,014	0,0009
0,086	0,015	0,00087
0,088	0,015	0,00085
0,09	0,016	0,00082
0,092	0,016	0,00078
0,094	0,016	0,00074
0,096	0,017	0,0007
0,098	0,017	0,00065
0,1	0,017	0,0006
0,102	0,017	0,00054
0,104	0,018	0,00048
0,106	0,018	0,00041
0,108	0,018	0,00034
0,11	0,018	0,00026
0,112	0,018	0,00018
0,114	0,018	0,00009898
0,116	0,018	0,00001136
0,118	0,018	-0,0000801
0,12	0,018	-0,00018

На основании таблицы 14.3 строится график границы запаса устойчивости ПИ-регулятора (рисунок 14.4). Степень затухания на графике равна 0,75. Все значения параметров настройки, расположенные на этой кривой обеспечивают заданную степень затухания.

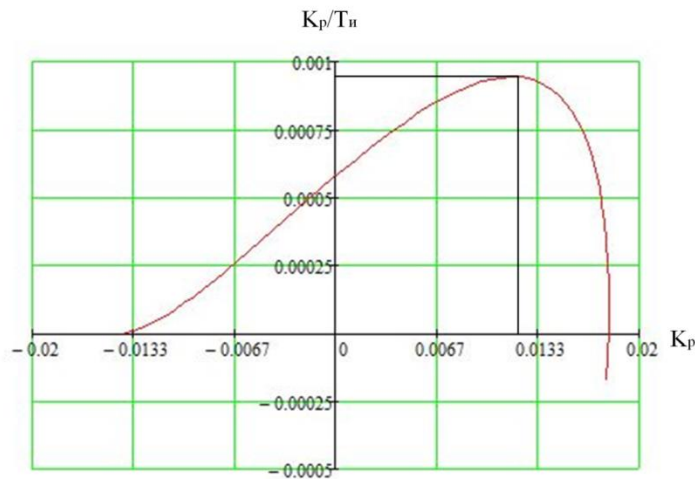


Рисунок 14.4 - Граница запаса устойчивости ПИ-регулятора

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

Определим $\max(K_p/T_i) = 0,00094$, $K_p=0,013$, резонансная частота $\omega=0,078 \text{ c}^{-1}$.

Определим значение постоянной интегрирования:

$$T_i = \frac{K_p}{K_p / T_i} = 13,829 \text{ с.}, \quad (14.8)$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе по каналу задания.

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_p(P) \cdot W_{об}(P)}, \quad (14.9)$$

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

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

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой 14.9. Передаточная функция ПИ-регулятора:

$$W_p(P) = K_p + \frac{K_p}{T_i} \cdot P. \quad (14.10)$$

Подставляем формулу 14.10 в формулу 14.9 и получаем выражение для передаточной функции замкнутой АСР по каналу регулирующего воздействия:

$$W(P) = \frac{W_{об}(P) \cdot (K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P})}{1 + W_{об}(P) \cdot (K_p + \frac{K_p}{T_u \cdot P})} = \frac{K_p \cdot W_{об}(P) \cdot (T_u \cdot P + 1)}{T_u \cdot P + K_p \cdot W_{об}(P) \cdot (T_u \cdot P + 1)}, \quad (14.11)$$

График вещественной частотной характеристики представлен на рисунке 14.5.

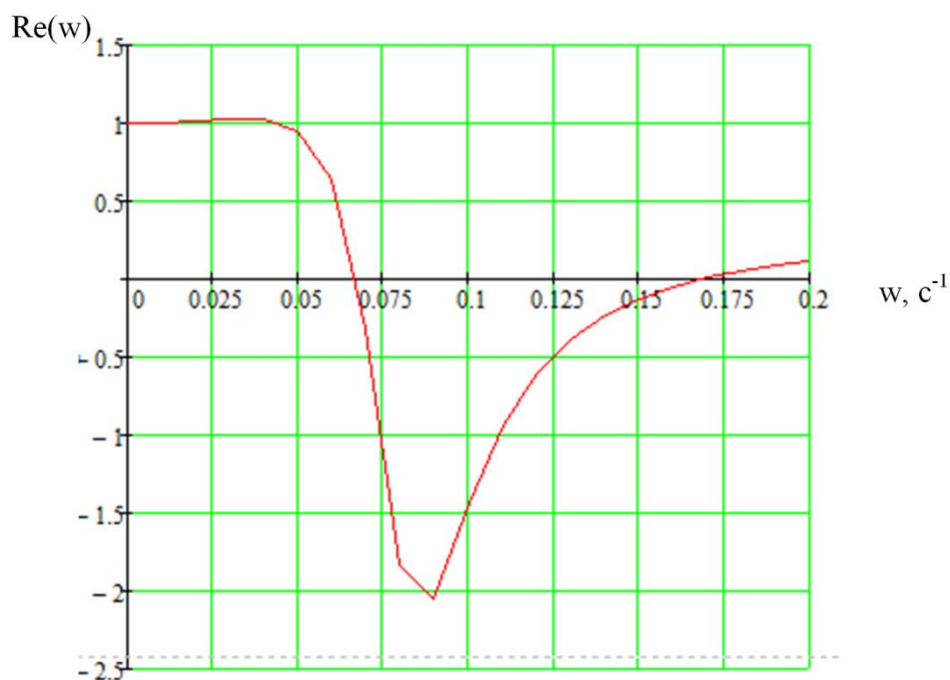


Рисунок 14.5 – График вещественной частотной характеристики системы

Связь переходной характеристики системы и вещественной частотной характеристики системы определяется выражением:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega, \quad (14.12)$$

где $Re(\omega)$ – вещественная частотная характеристика системы; ω – частота; t – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется значение частоты среза (частоты, при котором

значение вещественной частотной характеристики системы стремится к нулю). Из рисунка 14.5 определяем частоту среза $\omega_{cp}=0,168 \text{ с}^{-1}$.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,168} \frac{\text{Re}(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega,$$

На рисунке 14.6 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса произведена оценка качества регулирования.

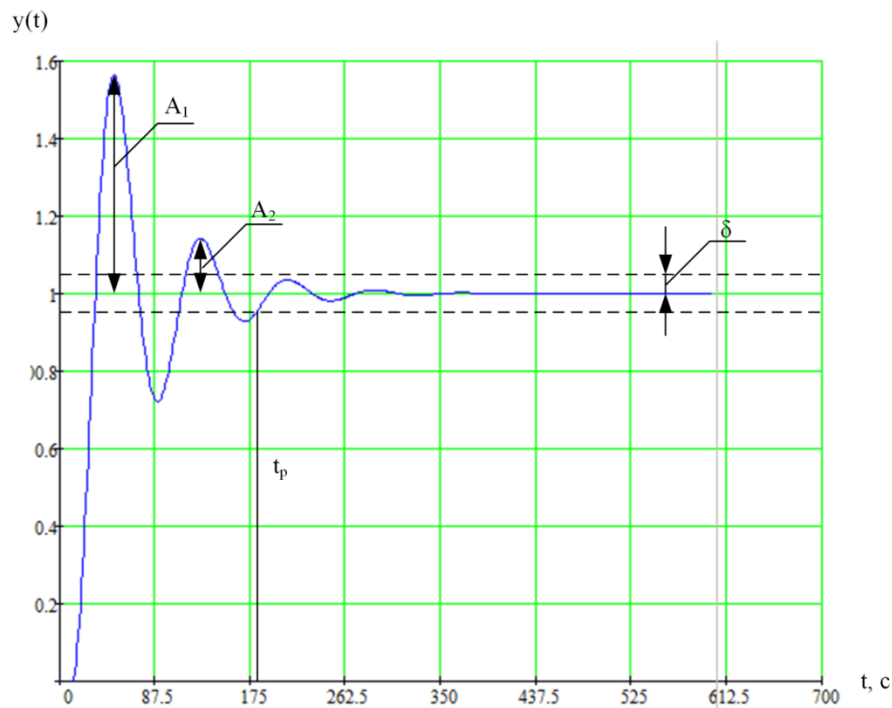


Рисунок 14.6 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

С использованием рисунка 14.6 определяются прямые оценки качества:

- 1) Максимальная динамическая ошибка $A_1 = 0,563$.
- 2) Степень затухания переходного процесса

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,563 - 0,142}{0,563} = 0,75. \quad (14.13)$$

- 3) Время регулирования $t_p = 186 \text{ с}$ при величине $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$.

4) Перерегулирование

$$\sigma = \frac{A_1}{Y(\infty)} \cdot 100 = \frac{0,563}{1} \cdot 100 = 56,3 \% . \quad (14.14)$$

5) Динамический коэффициент регулирования

$$R_d = \frac{A_1 + Y(\infty)}{k_{об}} \cdot 100 = \frac{0,563 + 1}{1} \cdot 100 = 156,3 \% . \quad (4.15)$$

6) Статическая ошибка $\varepsilon_{ст} = S - Y(\infty) = 1 - 1 = 0$. (14.16)

Под оптимальным процессом регулирования понимают процесс, удовлетворяющий требованиям запаса устойчивости системы. Поиск оптимальных параметров настройки осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования до достижения экстремума принятого критерия качества. В качестве критерия качества был принят первый интегральный критерий.

Полученные показатели качества удовлетворяют требованиям, предъявляемым к работе АСР. Следовательно, рассчитанные параметры настройки регулирующего прибора можно использовать при настройке реальной аппаратуры.

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

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ82	Мартовой Светлане Вячеславовне

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта - не более 2 800 000 тыс. руб., в т.ч. затраты на оплату труда – не более 850 000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Цена 1 кг бурого угля составляет 4 руб. Цена 1 кг суспензионного топлива составляет 1,5 руб. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 3,6 баллов</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ Амортизационные отчисления 15 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Планирование работ и оценка их выполнения</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Смета затрат на проект</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение экономической эффективности</i>

Перечень графического материала:

1. Портрет потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. Степень готовности проекта к коммерциализации
7. График проведения НТИ
8. Потенциальные риски
9. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения социально-гуманитарных наук	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5МБ82	Мартова Светлана Вячеславовна		

15 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

15.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-технических исследований

15.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями системы приготовления суспензионного топлива являются коммерческие организации в энергетической отрасли, предприятия, переработки и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), которые располагаются в индустриально развитых районах Сибири. В состав топлива входят отходы от предприятий, которые включают опилки, угольные шламы и нефтепродукты. Данные компоненты в большом количестве находятся в регионах Сибири.

Потенциальные потребители представляют собой предприятия, которые имеют в качестве отходов компоненты суспензионного топлива и вырабатывают электроэнергию для своего производства. Также потенциальными потребителями являются котельные и тепловые электростанции малой мощности.

В таблице 15.1 представлены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика, направление деятельности. Буквами обозначены компании: «А» - ООО «СПБЭК», «Б» - ОАО «ЭлеСи».

Таблица 15.1 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Крупная	А, Б	А, Б	А, Б	А, Б
	Средняя	А, Б	А, Б	Б	Б
	Мелкая	Б	А	Б	Б

Основываясь на карте сегментирования, выделим следующие сегменты рынка для ориентира: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

15.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для проведения анализа используется оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (таблица 15.2).

Большое множество организаций занимается проектированием автоматизированных систем управления объектов энергетического сектора.

Данные проектные организации имеют типовые проектные решения с возможностью из корректировки заказчиком. Одной из таких компаний является ОАО «ЭлеСи». Данная организация имеет известность на рынке автоматизации и является крупным конкурентом. Недостатком данной компании является использование своей SCADA-системы SKADA-Infinity, что затрудняет внедрение системы учета на уже существующий объект, где установлена другая SCADA-система.

Целью разработанной автоматизированной системы управления (АСУ) приготовления суспензионного топлива является создание нового многокомпонентного топлива. Система обладает такими критериями как высокая производительность, надежность, простота эксплуатации и ремонта,

а также рациональное сочетание отечественных материалов и импортных датчиков.

B_{ϕ} – разработанная АСУ приготовления суспензионного топлива; $B_{к1}$ – АСУ, разработанная «ЭлеСи»; $B_{к2}$ – АСУ, разработанная «СПБЭК».

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 15.1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (15.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – бал i -го показателя.

Таблица 15.2 – Оценочная карта конкурентоспособности технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Удобство в эксплуатации	0,13	4	3	4	0,52	0,39	0,52
Энергоэкономичность	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Надежность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Безопасность	0,09	4	4	5	0,36	0,36	0,45
Простота эксплуатации	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,1	2	3	3	0,2	0,3	0,3
Цена	0,03	4	3	2	0,12	0,09	0,06
Срок выхода на рынок	0,05	3	5	5	0,15	0,25	0,25
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	4	0,8	0,8	0,8
Итого	1	51	35	43	3,56	3,61	3,8

Опираясь на полученные данные, можно сделать вывод о том, что разрабатываемая АСУ приготовления суспензионного топлива имеет преимущества над конкурентами. Конкуренты уязвимы по таким причинам, как высокая стоимость, более низкая производительность, а также выбор приборов и средств автоматизации связан с заключенными контрактами с производителями приборов.

15.1.3 FAST - анализ

FAST-анализ – это анализ, который основан на том, что затраты, связанные с созданием и использованием объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, излишних затрат. Затраты возникают из-за внедрения бесполезных функций, не имеющих какого либо значения к объекту.

Проведение FAST-анализа представляет собой выполнение шести стадий.

Стадия 1. Выбор объекта FAST-анализа

Объектом исследования является технология приготовления суспензионного топлива. Технология приготовления представляет собой пять линий подачи разных компонентов топлива, которые образуют в заданном соотношении суспензионное топливо.

Стадия 2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом.

Все функции объекта исследования представлены в таблице 15.3.

Таблица 15.3 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование узла	Количество деталей процесса	Выполняемая функция	Ранг функции		
			Главная	Основная	Вспомогательная
Смешивающий бак	9	Приготовление суспензионного топлива	X		
Линия подачи воды	8	Подача воды в смешивающий бак		X	
Линия подачи нефтепродукта	8	Подача нефтепродуктов в смешивающий бак		X	
Линия подачи угля	9	Измельчение и подача угля в смешивающий бак		X	
Линия подачи отходов	6	Измельчение и подача угля в смешивающий бак		X	
Линия подачи мазута	8	Резервное топливо для подачи в котел			X

Стадия 3. Определение значимости выполняемых функций объектом.

Для оценки значимости функций используется метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глуценко В.Ф. Основанием этого метода является расчетно-экспертное определение значимости каждой функции. На первом этапе построена матрица смежности функций, которая представлена в таблице 15.4. Условные обозначения в таблице 15.4: «<» - менее значимая, «=» - одинаковые функции по значимости, «>» - более значимая.

Таблица 15.4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6
Функция 1	=	>	>	>	>	>
Функция 2	<	=	=	=	=	>
Функция 3	<	=	=	=	=	>
Функция 4	<	=	=	=	=	>
Функция 5	<	=	=	=	=	>
Функция 6	<	<	<	<	<	=

Второй этап демонстрирует изменение матрицы смежности в матрицу количественных соотношений функций (таблица 15.5). Условные обозначения таблицы 15.5: 0,5 при «<», 1,5 при «>», 1 при «=».

Таблица 15.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Функция 6	Итого
Функция 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	8,5
Функция 2	0,5	1	1	1	1	1,5	6
Функция 3	0,5	1	1	1	1	1,5	6
Функция 4	0,5	1	1	1	1	1,5	6
Функция 5	0,5	1	1	1	1	1,5	6
Функция 6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	3,5
							$\Sigma=36$

Относительная значимость каждой функции определяется делением балла, полученного по каждой функции, на общую сумму баллов по всем функциям. Относительная значимость для функции 1 равна 0,09; для функций 2, 3, 4, 5 равна 0,17; для функции 6 равна 0,23.

Стадия 4. Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.

Цель стадии 4 – применение специальных методов для расчета уровня затрат на выполнение всех функций с применением нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 15.6.

Таблица 15.6 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование узла	Количество деталей процесса	Выполняемая функция	Затраты на датчики и приборы, руб	Затраты на обслуживание датчиков и приборов, руб
Смешивающий бак	9	Приготовление суспензионного топлива	160000	32000
Линия подачи воды	8	Подача воды в смешивающий бак	150000	30000
Линия подачи нефтепродукта	8	Подача нефтепродуктов в смешивающий бак	150000	30000
Линия подачи угля	9	Измельчение и подача угля в смешивающий бак	80000	16000
Линия подачи отходов	6	Измельчение и подача угля в смешивающий бак	60000	12000
Линия подачи мазута	8	Резервное топливо для подачи в котел	150000	30000

Стадия 5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ.

Сведения об объекте исследования представлены на функционально-стоимостной диаграмме (Рисунок 15.1).

Функция 6 показывает дисбаланс между важностью и затратами на них. Эта функция требует провести работы для ликвидации данных диспропорций.

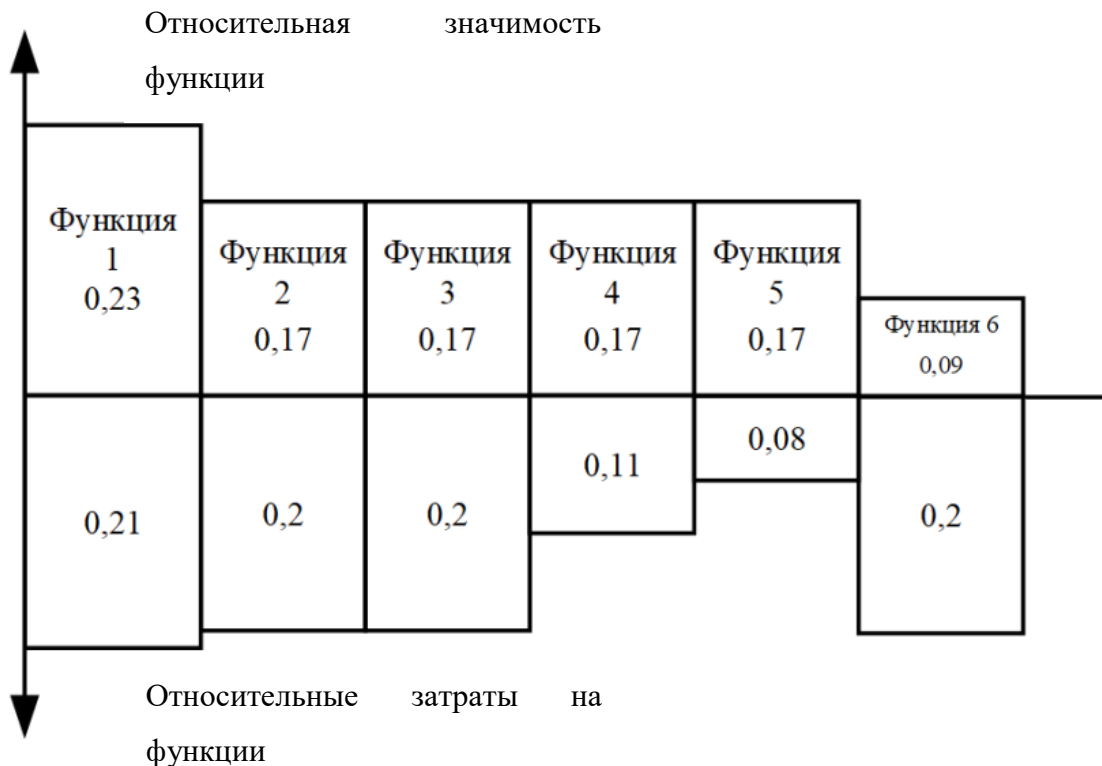


Рисунок 15.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Стадия 6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Для функции 6 – линии подачи мазута следует провести оптимизацию. Данная функция является вспомогательной, и в системе функционирует только в аварийном режиме работы для подачи резервного вида топлива, поэтому она является обязательной. Для уменьшения затрат на функцию 6 следует принять меры оптимизации, связанные с повышением параметров надежности, чтобы снизить средства на ремонт и обслуживание оборудования.

Проведение FAST-анализа показало, что для данной автоматизированной системы управления топливоприготовления суспензионного топлива следует повысить качество функций линий подачи угля и отходов, за счет экономически оправданном увеличении затрат. Для функции подачи мазута следует уменьшить количество затрат при сохранении уровня качества.

15.1.4 SWOT - анализ

SWOT-анализ представляет собой метод стратегического планирования, реализующийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 15.7.

Таблица 15.7 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны: С1. Низкая стоимость. С2. Научная новизна. С3. Современные технологии. С4. Высокий спрос. С5. Экологическая выгода технологии.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Высокие начальные затраты. Сл2. Отсутствие клиентской базы. Сл3. Узкая направленность. Сл4. Отсутствие прототипа разработки. Сл5. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p>
<p>Возможности: В1. Увеличение спроса. В2. Выход на иностранный рынок. В3. Расширение диапазона предоставляемых услуг. В4. Политика утилизации отходов в стране. В5. Увеличение количества и видов сырья.</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие потребности на новые технологии. У2. Увеличение конкуренции. У3. Нестабильность экономической ситуации в стране. У4. Политика регионов в отношении экологии. У5. Увеличение цен на сырье.</p>		

Выразим соотношения сильных и слабых сторон системы управления приготовления суспензионного топлива внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Построим интерактивные матрицы проекта (таблицы 15.8-15.11).

Таблица 15.8 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	V1	+	–	+	0	+
	V2	+	0	–	–	+
	V3	+	+	–	+	0
	V4	+	+	0	0	+
	V5	+	0	+	–	+

Таблица 15.9 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	V1	+	–	+	–	–
	V2	–	0	–	–	0
	V3	0	+	+	0	0
	V4	0	–	+	+	0
	V5	0	–	+	+	–

Таблица 15.10 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	–	–
	У2	+	+	+	–	+
	У3	+	+	+	–	–
	У4	+	–	–	–	+
	У5	+	–	–	+	+

Таблица 15.11 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	–	+	+	–
	У3	+	0	+	-	–
	У4	+	0	+	+	–
	У5	+	–	–	–	–

В таблице 15.12 представлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 15.12 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Низкая стоимость. С2. Научная новизна. С3. Современные технологии. С4. Высокий спрос. С5. Экологическая выгода технологии.</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Высокие начальные затраты. Сл2. Отсутствие клиентской базы. Сл3. Узкая направленность. Сл4. Отсутствие прототипа разработки. Сл5. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров.</p>
<p>Возможности: В1. Увеличение спроса. В2. Выход на иностранный рынок. В3. Расширение диапазона предоставляемых услуг. В4. Политика утилизации отходов в стране. В5. Увеличение количества и видов сырья.</p>	<p>Увеличение объема производства, прибыли и расширение границ сбыта и клиентской базы. Продажи как в розницу, так и в опт на разных площадках и территориях сбыта. Расширение используемых видов сырья для производства топлива.</p>	<p>Высокие начальные затраты уменьшат и не позволят воспользоваться высоким спросом в полной мере. Узкая направленность затруднит увеличение спроса. Расширение диапазона позволит нарастить клиентскую базу и сгладит минусы узкой направленности.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие потребности на новые технологии. У2. Увеличение конкуренции. У3. Нестабильность экономической ситуации в стране. У4. Политика регионов в отношении экологии. У5. Увеличение цен на сырье.</p>	<p>Низкая стоимость и научная новизна с применением современных технологий улучшит конкурентную позицию, потребительскую способность и сгладит экономический кризис.</p>	<p>Высокие начальные затраты, увеличение конкуренции и нестабильная экономическая ситуация может ослабить интерес покупателей. Политика регионов направлена на самый дешевый способ утилизации отходов, который вредит экологии. Рост цен на сырье может увеличить стоимость готового продукта.</p>

15.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Следующим этапом является проведение оценки готовности проекта к коммерциализации. Для того чтобы это сделать, используем таблицу 5.13, где представлены показатели для степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциями разработчика научного проекта.

Таблица 15.13 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1. Определен имеющийся научно-технический раздел	4	3
2. Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3. Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	4	4
4. Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5. Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6. Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7. Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8. Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9. Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10. Разработана стратегия реализации научной разработки	4	3
11. Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12. Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13. Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3

Продолжение таблицы 15.13

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
14. Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15. Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
Итого баллов	50	46

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (15.2)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению; B_i – балл по i -му показателю.

Степень готовности научного проекта оценивается как перспективность выше среднего. Данная степень готовности показывает, что объем инвестирования в данную технологию может быть эффективным для получения отличных результатов работы системы. Разработчику следует повысить уровень компетенции или привлечь в команду специалистов по работе с маркетингом и выходом на международный рынок.

15.1.6 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Цель научно-технического исследования представляет собой создание автоматизированной системы управления приготовления суспензионного топлива. АСУ приготовления суспензионного топлива является объектом, для которого выбран метод коммерциализации – инжиниринг.

Инжиниринг предполагает предоставление на основе договора одной стороной (консультантом), другой стороне (заказчику), комплекс инженерно-технических услуг, связанным с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию на предприятии заказчика.

Выбранный метод позволит полностью реализовывать работу и эффективность системы. Консультант может полностью создавать продукт подстраиваясь по требования заказчика, начиная со стадии проектирования до ввода в эксплуатацию.

15.2 Планирование процесса управления научно-исследовательских работ

15.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения магистерской диссертации оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества разных факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 15.14.

Таблица 15.14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1. Выбор направления научного исследования	СД
	2. Составление и утверждение технического задания	Р, СД
Анализ предметной области	3. Календарное планирование работ по теме	СД
	4. Подбор и изучение материалов по теме	СД
	5. Анализ отобранного материала	Р, СД
Разработка АСУ ТП	6. Описание технологического процесса	СД
	7. Разработка структурной схемы автоматизации	СД
	8. Разработка функциональной схемы автоматизации	СД
	9. Разработка схемы электрической принципиальной подключений	СД
	10. Подбор датчиков и ПЛК	СД
	11. Разработка схемы соединения внешних проводок	СД
	12. Разработка щита управления САУ	СД
	13. Проектирование мнемосхемы	СД
	14. Разработка алгоритмов управления системы	СД
	15. Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	СД
	16. Написание раздела «социальной ответственности»	СД
17. Проверка работы с руководителем	СД	
Оформление отчета	18. Составление пояснительной записки	Р, СД
	19. Подготовка презентации дипломного проекта	СД

15.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения i – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 5.3:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (15.3)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.; t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 15.4).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (15.4)$$

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

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

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 15.5).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (15.5)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле

15.6:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (15.6)$$

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

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 15.15.

Таблица 15.15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{Ki}
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{\text{ожид}}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор направления научного исследования	7	0	12	0	9	0			12	17,76
Составление и утверждение технического задания	2	3	7	5	4	3,8			3,9	5,772
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0			2,2	3,256
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0			20	29,6
Анализ отобранного материала	5	3	19	6	10,6	4,2			7,4	10,952

Продолжение таблицы 15.15

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{Ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременно с выполнением работ	Одновременно с выполнением работ
Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка структурной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка функциональной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка схемы электрической принципиальной подключений	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0			10	12,432
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка щита управления САУ	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Проектирование мнемосхемы	8	0	16	0	11,2	0			11,2	16,576
Разработка алгоритма управления системы	4	0	11	0	6,8	0			6,8	10,064

Продолжение таблицы 15.15

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{Ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременно выполнение работ	Одновременно выполнение работ
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3	0	8	0	5	0			5	7,4
Написание раздела «социальной ответственности»	5	0	11	0	7,4	0			7,4	10,952
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,2			7,3	10,804
Составление пояснительной записки	1 2	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	94	11	188	20	131,6	14,6			143,6	199,21

15.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным таблицы 15.15 построен график проведения работ, представленный в таблице 15.16.

Диаграмма Ганта – это известный тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации плана, графика работ

по какому-либо проекту. Является одним из методов планирования проектов. Используется в приложениях по управлению проектами. Синий цвет – совместная работа студента и преподавателя, зеленый – индивидуальная работа студента.

Таблица 15.16 - Диаграмма Ганта

Название работы	Дек.		Янв.		Фев.		Март		Апр.		Май		Июнь	
	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30	1-15	16-30
Выбор направления научного исследования	■													
Составление и утверждение ТЗ		■												
Календарное планирование работ по теме		■												
Подбор и изучение материалов по теме		■	■											
Анализ отобранного материала				■										
Описание технологического процесса				■										
Разработка функциональной схемы				■										
Разработка структурной схемы					■									
Разработка схемы электрической принципиальной подключений						■								
Выбор датчиков и ПЛК							■							
Разработка схемы внешних проводок								■						
Разработка щита управления САУ									■					
Проектирование мнемосхемы										■				
Разработка алгоритмов управления											■			
Раздел «Финансовый менеджмент»												■		
Раздел «Социальная ответственность»													■	
Проверка работы с руководителем														■
Составление пояснительной записки														■
Подготовка презентации														■

15.3 Смета затрат на проект

Затраты на выполнение проекта рассчитываются в рублях по формуле:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (15.7)$$

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

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

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

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

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

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

15.3.1 Материальные затраты

Материальными затратами для проекта является величина денежных средств, потраченных на канцелярские товары. Величину этих затрат принимаем 1000 руб.

15.3.2 Затраты на амортизацию

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

Амортизация компьютерной техники рассчитывается руб./год в как:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot C_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (15.8)$$

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

$T_{\text{кал}}$ – календарное время;

$C_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники;

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

$$K_{\text{ам}} = \frac{199}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 2726 \text{ руб./год.}$$

15.3.3 Затраты на заработную плату

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

Затраты на заработную плату рассчитываются в рублях как:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж}^{\phi} + ЗП_{нр}^{\phi}, \quad (15.9)$$

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

$ЗП_{нр}^{\phi}$ - заработная плата научного руководителя.

Месячный оклад инженера и научного руководителя:

$$ЗП_{инж}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (15.10)$$

$$ЗП_{нр}^м = ЗП_0 \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (15.11)$$

где $ЗП_{инж}^м$ - заработная плата за месяц инженера;

$ЗП_{нр}^м$ - заработная плата за месяц научного руководителя;

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

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

K_2 – районный коэффициент равен 1,3 (10%).

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

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

Фактическая заработная плата рассчитывается в рублях:

$$ЗП_{\phi} = \frac{ЗП_{мес}}{21} \cdot n^{\phi}, \quad (15.12)$$

где $ЗП_{мес}$ – заработная плата за месяц;

21 – среднее число рабочих дней в месяце;

n^{ϕ} - фактическое число дней в проекте.

Инженер:

$$ЗП_{инж}^{\phi} = \frac{17000}{21} \cdot 199 = 161095 \text{ руб.}$$

Научный руководитель

$$ЗП_{\text{нр}}^{\Phi} = \frac{37609}{21} \cdot 28 = 50145 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{з/пл}} = 161095 + 50145 = 211240 \text{ руб.}$$

15.3.4 Затраты на социальные нужды

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

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

$$K_{\text{соц/н}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 0,3, \quad (15.13)$$

$$K_{\text{соц/н}} = 211240 \cdot 0,3 = 63372 \text{ руб.}$$

15.3.5 Прочие затраты

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

$$K_{\text{пр}} = (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{соц/н}}) \cdot 0,1, \quad (15.14)$$

$$K_{\text{пр}} = (1000 + 2726 + 211240 + 63372) \cdot 0,1 = 27834 \text{ руб.}$$

15.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы представляют собой расходы на обслуживание системы приготовления суспензионного топлива, которые являются дополнительными к основным затратам, а также они включают издержки производства. Накладные расходы принимаются в размере 200 % от затрат на заработную плату.

$$K_{\text{накл}} = K_{\text{з/пл}} \cdot 2, \quad (15.15)$$

$$K_{\text{накл}} = 211240 \cdot 2 = 422480 \text{ руб.}$$

В таблице 15.17 представлена смета затрат на проект.

Таблица 15.17 – Смета затрат на проект

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	2726
Затраты на заработную плату	211240
Затраты на социальные нужды	63372
Прочие затраты	27834
Накладные расходы	422480
Итого:	728652

15.4 Смета затрат на оборудование и монтажные работы

В таблице 15.18 представлен перечень используемого оборудования в проекте и его стоимость.

Таблица 15.18 – Затраты на оборудование

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
Микропроцессорный программируемый контроллер КРОСС-500	40000	1
Датчик температуры	24000	6
Уровнемер	28000	4
Сигнализатор уровня	40000	5
Датчик давления	140000	4
Насос	286000	4
Токовый блок сигнализации положения выходного вала БД-10АМ	9200	4
Исполнительный механизм МЭОФ-1000/25-0,25-07К	152000	4

Продолжение таблицы 15.18

Наименование	Стоимость, руб.	Количество, шт.
Кабель КВВГ 4x0,75	3100	19
Кабель КВВГ 5x1,5	2613	6
Кабель КВВГ 32x0,75	1200	1
Кабель КВВГ 24x1	975	1
Кабель КРВГ 4x1	585	4
Кабель АКРВБГ 4x2.5	3955	4
Кабель КВВГ 8x1,5	612	1
Кабель КВВГ 12x1,25	606	1
Компьютер	25000	1
Итого	757846	70

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

$$K_{\text{монт}} = 0,2 \cdot K_{\text{обор}}, \quad (15.16)$$

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

$$K_{\text{монт}} = 0,2 \cdot 757846 = 151569 \text{ руб.}$$

Общие капитальные затраты:

$$\sum K = K_{\text{пр}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}, \quad (15.17)$$

$$\sum K = 728652 + 757846 + 151569 = 1638067 \text{ руб.}$$

15.4 Расчет годовых эксплуатационных издержек

$$I_{\text{год}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{рем}} + I_{\text{з/пл}} + I_{\text{соц}}, \quad (15.18)$$

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

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

$$I_{\text{ам}} = \frac{1}{T_{\text{сс}}} \cdot I_{\text{обор}}, \quad (15.19)$$

$$I_{\text{ам}} = \frac{1}{10} \cdot 757846 = 75785 \text{ руб.}$$

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

$$I_{\text{рем}} = 0,1 \cdot I_{\text{ам}}, \quad (15.20)$$

$$I_{\text{рем}} = 0,1 \cdot 75785 = 7578 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на заработную плату в рублях по формуле:

$$I_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{опер}} + ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{монт}}, \quad (15.21)$$

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

Рассчитаем месячный оклад сотрудников по формуле:

$$ЗП^{\text{м}} = ЗП \cdot K_1 \cdot K_2. \quad (15.22)$$

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

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

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

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

Годовая заработная плата обслуживающего персонала будет составлять:

$$I_{\text{з/пл}} = 12 \cdot ЗП^{\text{м}}, \quad (15.23)$$

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

$$I_{\text{инж}} = 12 \cdot 42900 = 257400 \text{ руб.}$$

Работа слесаря-монтажника составляет один месяц.

Тогда, затраты на заработную плату за год будут равны:

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

Отчисления на социальные нужды принимаются как 30 % от фонда оплаты труда:

$$I_{\text{соц}} = 0,3 \cdot I_{\text{з/пл}}, \quad (15.24)$$

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

Годовые эксплуатационные расходы составляют:

$$I_{\text{год}} = 75785 + 7578 + 244530 + 815100 = 1142993 \text{ руб.}$$

15.5 Расчет экономической эффективности

Рассчитаем экономическую эффективность районной котельной при переводе с угольного топлива на суспензионное топливо. Для расчета экономической эффективности используем формулу:

$$\mathcal{E} = I_{\text{до}} - I_{\text{после}}, \quad (15.25)$$

где $I_{\text{до}}$ – издержки производства тепловой энергии, при использовании угля; $I_{\text{после}}$ – издержки производства тепловой энергии, при использовании ОВУТ.

$$I_{\text{до}} = V \cdot Ц, \quad (15.26)$$

$$I_{\text{после}} = V \cdot Ц \quad (15.27)$$

где V – расход топлива; $Ц$ – цена топлива за кг.

Для районной котельной годовой расход твердого топлива составляет 2000 т. При переходе на ОВУТ расход составляет 3000 т. в год, увеличение расхода связано с меньшей теплотой сгорания суспензионного топлива. Цена одного килограмма бурого угля составляет 4 руб., а ОВУТ 1,5 руб.

$$I_{\text{до}} = 2\,000\,000 \cdot 4 = 8\,000\,000 \text{ рублей в год,}$$

$$I_{\text{после}} = 3\,000\,000 \cdot 1,5 = 4\,500\,000 \text{ рублей в год,}$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 8\,000\,000 - 4\,500\,000 = 3\,500\,000 \text{ рублей в год.}$$

Рассчитаем срок окупаемости капитальных вложений, используя формулу:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пр}} + K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}}{\mathcal{E}_{\text{год}} - I_{\text{год}}},$$

$$(15.28)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{728625 + 752846 + 151569}{3500000 - 1142993} = 0,69 \text{ года.}$$

Реализация проекта по созданию и внедрению АСУ приготовления суспензионного топлива требует больших финансовых вложений на разработку проекта, приобретение оборудования и монтаж системы. При

внедрении данной системы уменьшается затраты на топливо, а также снижаются концентрации антропогенных выбросов и реализуется масштабная утилизация накопленных отходов.

15.6 Реестр рисков проекта

Для идентификации рисков проекта, которые включают в себя возможные неопределенные события, возникающие в проекте и последствия, влекущие за собой нежелательные последствия, сведем в таблицу 15.19.

Таблица 15.19 – Затраты на оборудование

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отсутствие высококвалифицированных сотрудников	Невозможность производства требуемого объема продукции	3	3	Средний	Постоянный поиск и подготовка кадровой смены	Кадровая политика
Высокая конкуренция со стороны российских и иностранных разработчиков в технологии	Снижение спроса на использование технологии	4	2	Средний	Разработка политики продвижения технологии на рынок	Повышение спроса на экологические технологии
Технологические риски, связанные с разработкой и отладкой новой технологии	Невозможность снизить себестоимость продукции	3	3	Средний	Консультация с экспертами до запуска проекта	Повышение цен на оборудование
Сбои в работе оборудования по производству продукции	Увеличение себестоимости производства. Увеличение времени на производство продукции. Аварийные ситуации.	2	2	Низкий	Приобретение необходимого оборудования. Техническое обслуживание. Выделение бюджета на новые капитальные вложения.	Некачественное оборудование

Таблица 15.19 позволяет оценить риски проекта, минимизировать наступление рисков до запуска проекта.

15.7 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования оценивая бюджет затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (15.29)$$

где Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения; Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяется по формуле:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (15.30)$$

где I_m^a – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов; a_i – весовой коэффициент i-го параметра; b_i^p – бальная оценка i-го параметра для аналога и разработки; n – число параметров сравнения.

С помощью таблицы 15.20 производится расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

Таблица 15.20 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Повышение производительности	0,1	5	4	4
Удобство в эксплуатации	0,13	4	3	4
Энергоэкономичность	0,1	3	3	2
Надежность	0,1	3	4	5
Безопасность	0,09	4	4	5

Продолжение таблицы 15.20

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Простота эксплуатации	0,08	5	4	4
Конкурентоспособность	0,1	2	3	3
Цена	0,03	4	3	2
Срок выхода на рынок	0,05	3	5	5
Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	4	4	4
Всего	1			

$$I_{\text{тп}} = 3,65; \text{Аналог 1} = 3,61; \text{Аналог 2} = 3,8.$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_m^a}, \quad I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_m^p}. \quad (15.31)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущей системы топливоприготовления и аналогов позволит определить сравнительную эффективность системы приготовления топлива. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}, \quad (15.32)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта.

Таблица 15.21 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог		Разработка
	1	2	
Интегральный финансовый показатель разработки	0,67	1	0,53
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,61	3,8	3,65
Интегральный показатель эффективности	5,39	3,8	6,89
Сравнительная эффективность вариантов исполнения		1,8	1,28

Реализация проекта по созданию и внедрению АСУ приготовления суспензионного топлива требует больших финансовых вложений на разработку проекта, приобретение оборудования и монтаж системы. При внедрении данной системы уменьшается затраты на топливо, а также снижаются концентрации антропогенных выбросов и реализуется масштабная утилизация накопленных отходов.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ82	Мартовой Светлане Вячеславовне

Учебное подразделение	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ И.Н. Бутакова
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.01. Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР: Автоматизированная система управления топливоприготовления суспензионного топлива

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Объект исследования – система управления приготовления суспензионного топлива. Рабочая зона – операторская комната, место за персональным компьютером. Область применения – тепловые электрические станции, котельные.
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.	Нормативные документы: – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; – ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования; – ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных и опасных факторов: – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – превышение уровня шума; – повышенное воздействие электромагнитного излучения; – повышенная напряженность электрического поля.
3. Экологическая безопасность	Влияние рассматриваемого объекта исследования на атмосферу (выбросы), литосферу (отходы), методы минимизации ущерба окружающей среде.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Поражение электрическим током; пожаро-взрывобезопасность.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.2020
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ82	Мартова Светлана Вячеславовна		

Введение

Под социальной ответственностью понимается ответственность предприятия перед обществом за свою деятельность. На практике социальная ответственность выражается в качестве производимого товара или услуги, в своевременной уплате налогов, в создании комфортных рабочих условий для сотрудников.

Разработанная автоматизированная система управления (АСУ) приготовления суспензионного топлива является объектом энергетического сектора. Данная система направлена на приготовление суспензионного топлива, которое используется в котельных агрегатах. АСУ приготовления суспензионного топлива предполагает размещение в непосредственной близости электростанций и котельных.

Разработанная система управления приготовления суспензионного топлива позволяет производить топливо, которое имеет более низкие показатели антропогенных выбросов при сжигании. В состав топлива входят твердые бытовые отходы и отработанные масла, что является одним из способов утилизации отходов. При использовании данной системы стоимость тепловой энергии уменьшится.

Автоматизация технологических процессов и производств позволяет осуществлять работу производства топлива без непосредственного участия обслуживающего персонала. Задачи оператора АСУ включают: контролирование параметров процесса топливоприготовления, управление и принятие решений в случае возникновения аварийных ситуаций. Большая часть работы оператора АСУ производится с использованием компьютера в закрытом помещении, поэтому важными факторами при работе оператора являются микроклимат помещения, освещение, шум, электромагнитное излучение, рабочая поза. Также необходимо рассмотреть факторы, влияющие

на электробезопасность и пожарную безопасность, и рассмотреть вопросы ее организации на производстве топлива.

Рабочая зона представляется собой операторскую комнату, в которой оператор работает за персональным компьютером. В комнате оператора также находится шкаф щита управления. Область применения технологии – тепловые электрические станции малой мощности, котельные.

16.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Конституция является основой правового законодательства. Законы и правовые акты, которые принимаются в РФ, не должны противоречить конституции. Существуют принятые нормы в области охраны труда:

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

16.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с трудовым кодексом РФ обработка персональных данных работника может осуществляться только в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов. Защита персональных данных работника от неправомерного их использования или утраты должна быть обеспечена работодателем за счет его средств в порядке, установленном в трудовом кодексе РФ [59].

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели, продолжительность смены, время начала и окончания работы, время перерывов в работе, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым

законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права [60].

Оплата и нормирование труда осуществляется в соответствии с трудовым кодексом РФ [61]. Заработная плата работнику устанавливается трудовым договором в соответствии с действующими у данного работодателя системами оплаты труда [62].

В соответствии с ТК РФ статьей 165 работнику предоставляются компенсации при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска [63].

Раз в три месяца оператор АСУ должен проходить инструктаж по технике безопасности, также соблюдать правила пожарной безопасности. Оператор не должен оставлять АСУ приготовления суспензионного топлива без присмотра и надзора. Предприятие должно обеспечить оператора индивидуальными средствами защиты, такие как спецодежда, спец-обувь и так далее. Остановка работы системы производится в случаях аварии или после получения распоряжения от администрации предприятия. В конце рабочего дня оператор обязан сдать дежурство, сделав отметку в журнале.

16.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.2.032-78, рабочее место при выполнении работ сидя должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и методических указаний по безопасности труда. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы [64].

ГОСТ 21889-76 устанавливает требования к креслу человека-оператора, которые включают такие положения [65]:

- 1) Кресло должно обеспечивать человеку-оператору соответствующую характеру и условиям труда физиологически рациональную рабочую позу.
- 2) Кресло должно обеспечивать длительное поддержание основной рабочей позы в процессе трудовой деятельности.

- 3) При невозможности покинуть рабочее место длительное время конструкция кресла должна обеспечивать условия для отдыха человека-оператора в кресле.
- 4) Кресло должно создавать условия для поддержания корпуса человека в физиологически рациональном положении с сохранением естественных изгибов позвоночника.
- 5) Конструкция кресла не должна затруднять рабочих движений.

ГОСТ 22269-76 устанавливает требования к рабочему месту оператора и взаимному расположению элементов рабочего места. Основные положения включают [66]:

- 1) Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. При этом должны учитываться ограничения, налагаемые спецодеждой и снаряжением человека-оператора.
- 2) Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.
- 3) При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-2015, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.
- 4) Взаимное расположение элементов рабочего места должно способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления оператора, предупреждению появления ошибочных действий.
- 5) Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности,

психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

16.2. Производственная безопасность

При выборе факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 [67]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 16.1.

Таблица 16.1 – Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ

Факторы (ГОСТ 12.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Экспл уатаци	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548 – 96 [10] СП 52.13330.2011 [11] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [12] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [13] ГОСТ 12.1.038-82 [14]
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	
3. Повышенный уровень шума		+	+	
4. Повышенное воздействие электромагнитного излучения			+	
5. Повышенная напряженность электрического поля		+	+	

16.2.1. Анализ вредных и опасных производственных факторов

16.2.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Микроклимат помещений и зданий должен соответствовать требованиям таким, как удовлетворение физиологических и психологических

потребностей; обеспечение стандартных минимальных условий жизни. Санитарные правила и нормы нужны для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Высокая производительность и комфортность труда на рабочем месте оператора АСУ зависит от микроклимата в производственном помещении.

Степень физической тяжести работы оператора АСУ определяется как лёгкая категория работ. Главные нагрузки на организм оператора – нервно-психологические, а также зрительные. Так как основным видом работы оператора АСУ является работа с прикладным программным обеспечением и технической документацией, то потенциальными источниками опасных и вредных факторов являются персональные компьютеры и мониторы.

Поэтому в помещении должны быть обеспечены оптимальные параметры микроклимата, которые установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека.

Оптимальные параметры микроклимата — сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата — сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Оптимальные (таблица 16.2) и допустимые (таблица 16.3) величины показателей микроклимата и на рабочих местах определяются в соответствии со временем года и категорией тяжести работ.

Таблица 16.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	23-25	40-60	0,1
Теплый	Категория 1а	20-22	40-60	0,1

Таблица 16.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха		Относительная влажность воздуха	Скорость движения воздуха	
		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более		Ниже оптимальных не более	Выше оптимальных не более
Холодный	Категория 1а	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Категория 1а	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

В зимний период времени (система отопления включена) параметры температурно-влажностного состояния помещения определяются тепловой мощностью системы отопления и теплозащитными качествами наружной стены с одним или несколькими окнами.

В летний период (система отопления выключена) в помещении с не кондиционируемым микроклиматом формируется температурно-влажностный режим, близкий по параметрам к наружной среде, а его параметры определяются теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций и естественным воздухообменом в помещении.

В соответствии с характеристикой помещения определен расход свежего воздуха согласно [68] и приведен в таблице 16.4.

Таблица 16.4 – Определение расхода свежего воздуха

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20...40 м ³ на человека	Не менее 20
Более 40 м ³ на человека	Естественная вентиляция

16.2.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу и вызывает повышенное утомление, и способствует ухудшению зрения. Низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К последствиям такого же вида приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Чрезмерная яркость света также наносит ущерб здоровью человека. Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Для того чтобы избежать последствий недостаточной или чрезмерной яркости, нужно обеспечить оптимальное освещение. Оптимальное освещение должно соответствовать техническим и санитарно-гигиеническим нормам, при которых нужно правильно подобрать светильники в сочетании с естественным светом. А также важной составляющей оптимального освещения является поддержка чистоты оконных стекол и поверхностей светильников.

Освещение рабочей зоны или рабочего места оператора АСУ приготовления суспензионного топлива должно быть освещено так, чтобы можно было видеть процессы работы системы, не напрягая зрение, а также должно быть исключено прямое попадание источников света в глаза.

Кроме того, уровень необходимого освещения определяется степенью точности зрительных работ. Наименьший размер объекта различения составляет 0.5 - 1 мм. В помещении присутствует естественное освещение. По нормам освещенности [69] и отраслевым нормам, работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблице 16.5.

Таблица 16.5 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	КЕО e_n , при	
						верхнем или комбинированном	бокoм
Средней точности	> 0,5	В	1	Не менее 70	150	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	2,0	0,5

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, представлены в таблице 16.6 [69].

Степень освещенности на рабочем месте оператора должна составлять не менее 200 лк. При недостаточном естественном освещении используется искусственное освещение для достижения нормы. В качестве искусственного освещения используются лампы.

Таблица 16.6 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Наименование	Значения
Освещенность на рабочем столе	200–400 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 150 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

16.2.1.3 Превышение уровня шума

В настоящее время защита человека от шума стала одной из актуальных проблем. Это является следствием возрастания интенсивности шума в результате внедрения в промышленность новых технологических процессов, роста мощности оборудования и машин.

Шум на производстве наносит большой экономический и социальный ущерб. При определенных условиях неблагоприятно воздействуя на организм человека, он вызывает раздражающее действие, ускоряет процесс утомления, ослабляет внимание и психические реакции, это приводит к снижению производительности труда и увеличению случаев производственного травматизма (не слышно сигналов транспорта, автопогрузчиков и других машин). Вследствие воздействия шума производительность труда падает на 30 % на промышленных предприятиях, а также повышается опасность травматизма, риск развития заболеваний. В структуре профессиональных заболеваний Российской Федерации примерно 17% приходится на заболевания органа слуха.

Источником шума в системе топливоприготовления служит большое количество производственного оборудования, конвейеры, дробилки и

мельница, которое находится вне большой близости от операторской комнаты.

Производственный шум представляет собой профессиональную вредность, если его интенсивность превышает определенный уровень. При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 80 дБА[62].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. Данные таблицы 16.7 принимают как допустимый уровень звукового давления в октавных полосах частот, уровень звука и эквивалентный уровень звука на рабочем месте.

Таблица 16.7 – Допустимые уровни звукового давления

Помещения и рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Уровень звука, дБА
	63	12	26	10	4000	
Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	55	50	60

Для системы топливоприготовления используется комплекс средств коллективной защиты, который включает: рациональную планировку технологического оборудования, акустическую обработку помещения и установку защитных экранов. В качестве средства индивидуальной защиты используются наушники.

16.2.1.4 Повышенное воздействие электромагнитного излучения

Электромагнитное излучение – это излучение, которое прямо или косвенно вызывает ионизацию среды. Контакт человека с электромагнитными излучениями представляет серьезную угрозу.

Электромагнитное излучение отличается от остальных вредных факторов тем, что может распространяться во всех направлениях и оказывает воздействие как на пользователя, так и на окружающих.

Спектр излучения монитора компьютера включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. В которых экспериментах было показано, что электромагнитные поля с частотой 60 Гц могут инициировать биологические сдвиги (вплоть до нарушения синтеза ДНК) в клетках животных.

Следует отметить, что не только монитор, но и системный блок, а также принтер - вырабатывают электромагнитное излучение в очень большом диапазоне частот. Однако излучение монитора является самым мощным.

Во избежание негативного воздействия от электромагнитного излучения нужно следовать основным нормам, представленным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [71].

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ представлены в таблице 16.8.

Таблица 16.8 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц...2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц...400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц...2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц...400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия электромагнитного излучения применяют следующие меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см [71].

16.2.1.5 Повышенная напряженность электрического поля

В операторской комнате находится шкаф щита управления, который представляет собой шкаф с приборами, проводами и кабелями повышенной напряженности электрического поля.

Требования электробезопасности объекта автоматизации направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека.

Основной фактор безопасности – это заземление оборудования с помощью присоединения его к контуру заземления. Устройство заземления представляет собой один из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования, не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

Сооружения установок заземляются от прямых ударов, вторичных проявлений молнии и статического электричества с помощью заземляющих устройств.

Все части электроустановки, подлежащие заземлению, присоединяются к сети заземления при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник заземляющих частей и электроустановок [72].

16.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

При работе возможно поражение электрическим током, для его предотвращения соблюдаются требования: изоляция проводов,

использование знаков безопасности и предупреждающих сигналов, использование персоналом диэлектрических перчаток, инструментов с изолированными рукоятками для работы с электрооборудованием, использование изоляционных дополнительных средств защиты.

Влияние шума можно уменьшить путем гашения в источнике, проведения акустической обработки, шумоизоляции, использования средств индивидуальной защиты (наушники).

Для уменьшения 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.

16.3. Экологическая безопасность.

Внедрение экологических технологий помогает сберечь энергетические и прочие ресурсы, что в свою очередь влияет на рентабельность производства, продуктивность работы.

16.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Энергетический сектор является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются выбросы загрязняющих веществ, которые обусловлены процессами сгорания топлива. Объемы вредных выбросов связаны с качеством и количеством сжигаемого топлива, полнотой его использования, а также эффективностью в целом работы источника теплоснабжения.

Также при сжигании топлива образуются шлаки, которые являются не перерабатываемыми отходами, которые наносят вред литосфере и гидросфере в результате не правильной утилизации.

16.3.2. Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Процесс приготовления суспензионного топлива включает несколько линий с различными компонентами, которые представляют собой нефтепродукты, угольные шламы, твердые бытовые отходы. При повреждении или сбое системы данные компоненты могут оказать негативное влияние на почву, тем самым уничтожить растительность на прилегающей территории. Разлив жидких компонентов может привести к заражению и загрязнению водостоков и почвенного покрова.

Данные факторы загрязнения окружающей среды представляют наивысшую опасность для экологической обстановки и для человека. Эти воздействия на окружающую среду могут вызвать уничтожение некоторых видов растительности, загрязнение атмосферы и водоемов. Также негативное влияние оказывается на здоровье человека. Загрязнение окружающей среды приобретает глобальный характер, а расходы на ее охрану стали соизмеримы с величиной экологического ущерба.

16.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Суспензионное топливо, которое является продуктом данной системы, позволяет снизить количество выбросов в атмосферу. После приготовления топлива должен проводиться анализ, который покажет качество полученного топлива.

Для снижения рисков загрязнения литосферы и гидросферы должен осуществляться контроль хранения компонентов топлива в складских помещениях.

Таким образом, снижение выбросов токсичных веществ в атмосферу и повышение экологической эффективности теплоэнергетики может быть реализовано в несколько направлений, таких как выполнение природоохранных мероприятий, внедрение экологического мониторинга,

выполнение мероприятий по энергосбережению, созданию нового топлива, использование научных исследований и новейших научных разработок.

16.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – это обстановка на территории, которая произошла вследствие опасного природного явления, аварии, катастрофы, стихийного или другого 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.

На сегодняшний день главными способами защиты населения, в том числе и производственного персонала, являются:

- 1) укрытие в защитных сооружениях;
- 2) проведение эвакуационных мероприятий;
- 3) использование средств индивидуальной защиты.

16.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Наибольшую опасность, которую представляет АСУ приготовления суспензионного топлива, является возникновение очагов возгорания.

При эксплуатации необходимо контролировать состояние штабелей путем внешнего осмотра и измерения температуры в штабелях. Признаки самовозгорания: наличие пятен на увлажненной поверхности штабеля, повышение температуры. При появлении признаков самовозгорания топлива следует в первую очередь начать подавать топливо из штабеля в бункера котлов, при этом проконтролировать отсутствие очагов огня во избежание пожара.

Распространённая причина возникновения пожара в объектах теплоэнергетики это нарушение противопожарных правил, поэтому обслуживающий персонал должен их знать и выполнять.

16.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследований.

При установке оборудования автоматизации, особое требование предъявляется к качеству монтажа технических средств. Некачественный монтаж может привести к утечке горячего топлива или воздуха, что может стать причиной возгорания. Поэтому такой монтаж производят слесари КИПиА с разрядом не ниже 4, так как от их квалификации и качества выполнения монтажных работ зависят жизни людей. Помимо риска обслуживающего персонала, существует риск аварий в зимний период, и тогда потребители останутся без тепло и электроснабжения.

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

Проводятся следующие противопожарные мероприятия [73]:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; осуществлена проверка исправности электрической проводки;
- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; знать номера телефонов для сообщения о пожаре; обладать навыками использования средств пожаротушения.

Помещение должно быть обеспечено следующими средствами пожаротушения:

- аэрозольный огнетушитель - генератор огнетушащего аэрозоля «Допинг 2» – 1 шт;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 - 1 шт;
- ящик с песком на 0,5 м - 1 шт;

– железные лопаты - 2 шт.

Если потушить пожар самостоятельно нет возможности, то нужно сделать вызов пожарной команды, после чего оповестить о случившемся инженера по технике безопасности.

К возникновению пожара приводят неисправная электропроводка в на объекте теплоэнергетике, 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.

При появлении признаков самовозгорания следует в первую очередь начать подавать топливо из штабеля в бункера котлов, при этом проконтролировать отсутствие очагов огня во избежание пожара. Очаги горения в штабеле заливать запрещено, чтобы не интенсифицировать процесс самовозгорания. При ликвидации очагов горения штабель вскрывают, очаги горения переносят на специализированную площадку и на ней заливают водой. Резервные склады с топливом следует контролировать и обновлять, используя сначала штабеля, имеющие температуру от 40 до 60 °С.

16.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

В данном разделе были рассмотрены и проанализированы вопросы, которые обуславливают социальную ответственность для разработанной системы.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее: выполнен анализ вредных и опасных факторов, возникающих на производстве; выполнено описание возможных ЧС и мер по их предупреждению и оповещению; отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Социальная роль АСУ приготовления суспензионного топлива состоит в том, что при использовании суспензионного топлива уменьшится количество выбросов и отходов.

Проблема деградации окружающей среды в настоящее время стоит очень остро, это связано с тем, что многие предприятия используют традиционное топливо, которое имеет высокие показатели антропогенных выбросов и большое количество отходов. Выбросы и отходы негативно влияют на окружающий мир и здоровье человека. Данная система позволит снизить влияние на атмосферу и литосферу.

Заключение

В рамках магистерской диссертации разработана автоматизированная система управления приготовления суспензионного топлива. Исходя из задания, был выполнен такой пункт как системный анализ объекта автоматизации, на основании которого была выбрана структура АСУ приготовления суспензионного топлива, а также разработана функциональная схема автоматизированной системы управления. В работе представлена спецификация на технические средства автоматизации и опросные листы. Согласно опросным листам и функциональной схемы был произведен выбор технических средств автоматизации и составлена заказная спецификация.

Также в рамках выпускной квалификационной работы были спроектированы схема внешних проводок и принципиальная электрическая схема щита управления. Разработан сборочный чертеж щита управления и спецификация щита управления. В работе представлены мнемосхема SCADA-системы для АСУ приготовления суспензионного топлива и расчет параметров настройки регулятора.

Разработанная АСУ приготовления суспензионного топлива осуществляет автоматизированный контроль, который включает сбор, хранение, обработку и передачи информации о работе системы и состоянии оборудования.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут служить основанием для реализации системы, которая имеет экологические и экономические преимущества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Qu W., Xu L., Qu G., Yan Z., Wang J. The impact of energy consumption on environment and public health in China // *Natural Hazards*. 2017. V. 87. No. 2. P. 675–697.
2. Shang Y., Sun Z., Cao J., Wang X., Zhong L., Bi X., Li H., Liu W., Zhu T., Huang W. Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality // *Environment International*. 2013. V. 54. P. 100–111.
3. Gaffney J.S., Marley N.A. The impacts of combustion emissions on air quality and climate - From coal to biofuels and beyond // *Atmospheric Environment*. 2009. V. 43. No. 1. P. 23–36.
4. Saidur R., Abdelaziz E.A., Demirbas A., Hossain M.S., Mekhilef S. A review on biomass as a fuel for boilers // *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2011. V. 15. No 5. P. 2262–2289.
5. Zhou C., Liu G., Fang T., Lam P.K.S. Investigation on thermal and trace element characteristics during co-combustion biomass with coal gangue // *Bioresource Technology*. 2015. V. 175. P. 454–462.
6. Zhao X., Zhu W., Huang J., Li M., Gong M. Emission characteristics of PCDD/Fs, PAHs and PCBs during the combustion of sludge-coal water slurry // *Journal of the Energy Institute*. 2015. V. 88. No. 2. P. 105–111.
7. Nixon J.D., Dey P.K., Ghosh S.K. Energy recovery from waste in India: An evidence-based analysis // *Sustainable Energy Technol Assess*. 2017. V. 21. P. 23-32.
8. Bajić B.Z., Dodić S.N., Vučurović D.G., Dodić J.M., Grahovac J.A. Waste-to-energy status in Serbia // *Renewable Sustainable Energy Rev*. 2015. V. 50. P. 1437-1444.
9. Gómez A., Zubizarreta J., Rodrigues M., Dopazo C., Fueyo N. Potential and cost of electricity generation from human and animal waste in Spain // *Renew Energy*. 2010. V. 35. No. 2. P. 498-505.

10. Ouda O.K.M., Raza S.A., Nizami A.S., Rehan M., Al-Waked R., Korres N.E. Waste to energy potential: A case study of Saudi Arabia. *Renewable Sustainable // Energy Rev.* 2016. V. 61. P. 328-340.
11. Nizami A.S., Rehan M., Waqas M., Naqvi M., Ouda O.K.M., Shahzad K., et al. Waste biorefineries: Enabling circular economies in developing countries // *Bioresour Technol.* 2017. V. 241. P. 1101-1117.
12. Dhar H., Kumar S., Kumar R. A review on organic waste to energy systems in India // *Bioresour Technol.* 2017. V. 245. P. 1229-1237.
13. Bhatnagar A., Kaczala F., Hogland W., Marques M., Paraskeva C.A., Papadakis V.G., et al. Valorization of solid waste products from olive oil industry as potential adsorbents for water pollution control-a review // *Environ Sci Pollut Res.* 2014. V. 21. No. 1. P. 268-298.
14. Jönsson J. Recycling of industrial lubricant oil. *Ecotechnology and Sustainable Building Engineering // MID Sweden university.* 2016.
15. Paladino O., Neviani M. A closed loop biowaste to biofuel integrated process fed with waste frying oil, organic waste and algal biomass: Feasibility at pilot scale // *Renew Energy.* 2018. V. 124. P. 61-74.
16. Zhao Y., Yan X., Zhou J., Li R., Yang S., Wang B., et al. Treatment of oily sludge by two-stage wet air oxidation // *J Energy Inst.* 2019. V. 92. No. 5. P. 1451-1457.
17. Wan Mahari W.A., Chong C.T., Cheng C.K., Lee C.L., Hendrata K., Yuh Yek P.N., et al. Production of value-added liquid fuel via microwave co-pyrolysis of used frying oil and plastic waste // *Energy.* 2018. V. 162. P. 309-317.
18. Król D., Poskrobko S. High-methane gasification of fuels from waste – Experimental identification // *Energy.* 2016. V. 116. P. 592-600.
19. Lu Y., Tsai M., Chang F. Forest Waste Derived Fuel with Waste Cooking Oil // *Energy Procedia.* 2017. V. 105. P. 1250-1254.
20. Hlina M., Hrabovsky M., Kavka T., Konrad M. Production of high quality syngas from argon/water plasma gasification of biomass and waste // *Waste Manage.* 2014. V. 34. No. 1. P. 63-66.

21. Agon N., Hrabovský M., Chumak O., Hlína M., Kopecký V., Mašláni A., et al. Plasma gasification of refuse derived fuel in a single-stage system using different gasifying agents // *Waste Manage.* 2016. V. 47. P. 246-255.
22. Няшина Г. С., Вершинина К. Ю., Стрижак П. А.. Экспериментальное исследование основных преимуществ суспензионных топлив из типичных отходов промышленных регионов над углем и мазутом. *Инженерно-физический журнал* 2018. Том 91. № 5. С. 180.
23. Волынкина Е. П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России. *Вестник Сибирского государственного промышленного университета.* 2017. № 2. С. 20.
24. Стрижак П. А., Вершинина К. Ю. Максимальная температура горения угольно-водной суспензии, содержащей нефтепродукты. *Энергия.* 2017. Том 120. С. 34-46.
25. Дмитриенко М. А., Стрижак П. А. Водоугольные шламы, содержащие нефтепродукты для решения проблем загрязнения атмосферного воздуха угольными тепловыми электростанциями и котельными: вводный обзор. *Sci Total Environ.* 2018. Том 613-614. С. 1117-1129.
26. Armesto L., Bahillo A., Cabanillas A., Veijonen K., Otero J., Plumed A., Salvador L. Co-combustion of coal and olive oil industry residues in fluidised bed // *Fuel.* 2003. V. 82, No. 8. P. 993–1000.
27. Bhuiyana A.A., Blicblau A.S., Islam A.K.M.S., Naser J. A review on thermo-chemical characteristics of coal/biomass co-firing in industrial furnace // *Energy Inst.* 2018. V. 91, No. 1. P. 1–18.
28. Лунев Ю.В. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» // Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». — Томск: Дельтаплан, 2018. — 158 с.
29. Li D., Wu D., Xu F., Lai J., Shao L. Literature overview of Chinese research in the field of better coal utilization // *Journal of Cleaner Production.* 2018. V. 185. P. 959–980.

30. Wang H., Liu S., Li X., Yang D., Wang X., Song C. Morphological and structural evolution of bituminous coal slime particles during the process of combustion // *Fuel*. 2018. V. 218. P. 49–58.

31. Jianzhong L., Ruikun W., Jianfei X., Junhu Z., Kefa C. Pilot-scale investigation on slurring, combustion, and slagging characteristics of coal slurry fuel prepared using industrial wasteliquid // *Applied Energy*. 2014. V. 115. P. 309–319.

32. Вершинина К. Ю., Стрижак П. А. Характеристики зажигания водоугольной суспензии при использовании воды разного качества // *Кокс и химия*. 2016. № 11. С. 45–49.

33. Zhang K., Cao Q., Jin L., Li P., Zhang X. A novel route to utilize waste engine oil by blending it with water and coal // *Journal of Hazard Materials*. 2017. V. 332. P. 51–58.

34. Mei Y., Liu R., Zhang L. Influence of industrial alcohol and additive combination on the physicochemical characteristics of bio-oil from fast pyrolysis of pine sawdust in a fluidized bed reactor with hot vapor filter // *Energy Institute*. 2016. V. 90. No. 6. P. 923–932.

35. Vershinina K.Y., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Sawdust as ignition intensifier of coal water slurries containing petrochemicals // *Energy*. 2017. V. 140. P. 69–77.

36. Валиуллин Т. Р., Вершинина К. Ю., Лырщиков С. Ю., Шевырёв С. А. Предельные условия зажигания органоводоугольных топлив, приготовленных на основе фильтр-кеков // *Кокс и химия*. 2017. № 3. С. 43–49.

37. Nyashina G. S., Kuznetsov G. V., Strizhak P. A. Energy efficiency and environmental aspects of the combustion of coal-water slurries with and without petrochemicals // *Journal of Cleaner Production*. 2017. V. 172. P. 1730–1738.

38. Термопреобразователь сопротивления ОВЕН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://owen.ru/product/dtshh5_termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_420
ma свободный. – Загл. с экрана.

39. Термопреобразователь сопротивления Теплоприбор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplopribor.pro-solution.ru/wp-content/uploads/2019/09/katalog.pdf> свободный. – Загл. с экрана.

40. Термопреобразователь сопротивления ЭЛЕМЕР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elemer.ru/files/catalog/glavi/205h.pdf> свободный. – Загл. с экрана.

41. Уровнемер поплавковый потенциометрический ЭЛЕМЕР-УПП-11. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.elemer.ru/production/levelmeters/level_meters_rp/upp_11.php – свободный. Загл. с экрана.

42. Уровнемер поплавковый потенциометрический TUBA 1". [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/tuba1 – свободный. Загл. с экрана.

43. Магнитный сигнализатор уровня Nivomag. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/nivomag – свободный. Загл. с экрана.

44. Вибрационный датчик уровня INNOLevel VIBRO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.prst.ru/innolevel/innolevel-vibro-a/> – свободный. Загл. с экрана.

45. Вибрационный датчик уровня Mononivo 4000. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/mononivo-4000 – свободный. Загл. с экрана.

46. Вибрационный датчик уровня Vibranivo. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/vibranivo-vn4000 – свободный. Загл. с экрана.

47. Датчик расхода ЭЛЕМЕР-100. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elemer.ru/production/pressure/elemer_100.php свободный. – Загл. с экрана.

48. Датчик расхода Метран-350SFA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/metran-350-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана.
49. Датчик расхода Rosemount 3051. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-pkg-3051-coplanar-pressure-transmitter-and-1199-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана.
50. Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/plk100_150_154 свободный. – Загл. с экрана.
51. Программируемый логический контроллер КРОСС-500. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/controllers/cross-500/> свободный. – Загл. с экрана.
52. Программируемый логический контроллер Siemens Simatic S7-300. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-300.htm> свободный. – Загл. с экрана.
53. Механизмы исполнительные электрические однооборотные. Каталог продукции ООО «Чебоксарыэлектропривод». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cheber.ru/produkcija/meof/meof_1000/?item=814 свободный. – Загл. с экрана.
54. Насосное оборудование Абаque. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://vipt.ru/peristalticheskie_nasosi_abaque.html свободный. – Загл. с экрана.
55. Насосное оборудование IR/IR4P/MG2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.prom-nasos.by/seal/seal_saer/ свободный. – Загл. с экрана.
56. Насосное оборудование MegaCPK. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kron.spb.ru/products/nasosnoe-oborudovanie/ksb/ksb-mega-cpk/> свободный. – Загл. с экрана.

57. ГОСТ 1508-78 Кабели контрольные с резиновой и пластмассовой изоляцией. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 15 с.
58. Шкаф Rittal. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rittal.com/> свободный. – Загл. с экрана.
59. ТК РФ Статья 86. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
60. ТК РФ Статья 100. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
61. ТК РФ Статья 160. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
62. ТК РФ Статья 135. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
63. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018). – М.; Москва, Кремль: Изд. Российская газета, 2018. – 215 с.
64. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – М.; Москва: Изд. Издательство стандартов, 2001. – 15 с.
65. ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. – М.; Москва: Изд. Издательство стандартов, 1993. – 15 с.
66. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. – М.; Москва: Изд. Издательство стандартов, 1993. – 14 с.
67. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные факторы. Классификация». – М.; Москва: Изд. Стандартиформ, 2016. – 11 с.

68. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.; Информационно-издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.
69. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.; Информационно-издательский центр Минздрава России, 2016. – 74 с.
70. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. – М.; Информационно-издательский центр Минздрава России, 1996. – 12 с.
71. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Москва: Изд. Деан, 2003. – 56 с.
72. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.; Москва: Изд. Стандартиформ, 2018. – 12 с.
73. СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – М.: ФГУП ЦЦП, 2007. – 20 с.

Приложение А
(обязательное)

Benefits of slurry fuels based on industrial wastes

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ82	Мартова Светлана Вячеславовна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова	Кац М.Д.	д.ф.-м.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП ОИЯ ТПУ	Костомаров П.И.	к.фил.н., доцент		

Introduction

Since the onset of intense industrial development at the turn of the twentieth century, problems of energy security and environmental impact have grown to global proportions. Resource extraction and processing and the energy sector have the greatest environmental impact. At thermal power plants, the main fuels are coal, fuel oil, and natural gas. Of these, natural gas is the most valuable and environmentally acceptable. Natural gas is the most valuable and environmentally friendly fuel. However, natural gas is characterized by high cost and significant price fluctuations, data on this are presented in the report of BP Statistical Review of World Energy 2017. Coal in many countries is still the main source of energy production, information is presented in the Key world energy statistics 2017 report. International Energy Agency. Globally, 28 % of primary energy generation is based on coal. In 2015, new coal plants of power 85 GW went into operation, according to the report from Tracking clean energy progress 2017. International Energy Agency. Coal combustion accounted for 39% of all power generated in 2015 (24 255 TW), according to Key world energy statistics 2017. However, the environmental impact of coal extraction, enrichment, and combustion is profound. In particular, large quantities of waste are formed in coal processing; and toxic gases and solids are emitted in coal dust combustion. Their link to declines in public health and to mortality has been proven [1–3].

Urban impacts of excessive wastes and industrial smokestack emissions are very evident in countries such as India, China, and Russia. In the present work, we consider the preparation of fuel from the wastes in the Tomsk region of Western Siberia in Russia. This region is characterized by forestry, the petrochemical industry, and the food industry and is close to the Kuznetsk Basin, which has a very active coal industry. It is expedient to assess the prospects for switching to waste-based slurry fuels in the Tomsk region.

Literature review

A large number of countries have problems associated with the disposal of municipal solid waste (MSW) [4–7]. Most often, in such countries, waste is disposed of in landfills, which leads to environmental pollution. To a greater extent, these countries are developing, have a limited budget, an underdeveloped infrastructure, as well as a limited availability of maintenance facilities [8]. Also, many countries have incineration plants, which, when burned, emit a large amount of harmful substances, thereby harming the animal and plant world. One of the solutions to these problems is the processing of waste and its use as fuel.

In order to use solid waste as fuel, it is necessary to first analyze the composition of this waste. A large number of countries conduct studies on the composition of wastes, which show that typical wastes included in MSW are: organic (agricultural wastes, livestock, forestry, sewage sludge), paper, plastics, glass, metals [6–9].

Depending on the solution, the structure of the waste changes, since each country has a unique geographical location. For example, in India, organic waste (corn, sunflower, shell nuts, oils) prevail, since a large proportion of the population is engaged in agriculture [9]. In Spain, most of the waste is organic, including municipal waste, sewage sludge and livestock waste [6]. An analysis of the composition of solid waste was also carried out in Saudi Arabia, where most of the waste that can be processed is paper (29%) and wood waste (8%) [7]. Based on the above data [6, 7, 9], it can be concluded that most of the waste presented could be used as fuel.

There are many methods of processing waste to produce fuel that could reduce the environmental impact of pollutants. Waste technical oils, vegetable oils (sunflower, olive), and oil wastes cause quite a lot of environmental damage. Therefore, researchers around the world are trying to solve this problem. For example, waste from the production of olive oil is converted into an adsorbent, which can be used to clean wastewater from heavy metals [10]. Another example

is the processing of waste oil using centrifuges [11]. This method is based on the addition of a chemical to the used oil and subsequent centrifugation in order to separate the oil residue from pure oil. The processing of oil waste into biofuel is described in [12] - this is an integrated approach based on the transesterification of oil extracted from micro-growths, as a result of which biofuel has the characteristics of used oil.

To remove the oily sludge from oil sludge, the wet oxidation method is used [13]. Further, to remove oil from the oily sludge of oil sludge, a two-stage method of oxidizing moist air is used, which can remove up to 93% of oil from oil sludge and reduce the volume of sludge by 85%.

A study on the possibility of using oil for frying and plastics as a fuel determined the calorific value of liquid fuel (it was formed during pyrolysis when the components were heated above 320 ° C), which is approximately equal to the calorific value of diesel and biodiesel fuel. This study identified the potential use of this fuel as an alternative [11].

Another method of processing waste into fuel is gasification. The article [12] presents the gasification method for RDF (Refuse Derive Fuel) fuel, consisting of combustible waste (non-hazardous) with the addition of Bio-CONOX (it is a flammable synthetic material consisting of biological waste of agricultural origin, special composition and properties; initial (natural) material for the assembly of synthetic Bio-CONOX is rapeseed flour containing fatty acids and protein). The addition of Bio-CONOX increases the reactivity of the fuel.

In [13], the properties of alternative fuels prepared from wood waste and spent vegetable oil are presented. The calorific value of this fuel is higher than that of standard fuels. Also, this fuel has a low level of nitrogen, sulfur and chlorine emissions, which allows to reduce greenhouse gas emissions.

In research, the processing of waste into gaseous fuels, for example, into synthesis gas, is found. Using a plasma torch reactor, fuel was obtained from sawdust, plastics, and pyrolysis oil [14]. Gaseous fuels were also obtained from

wastes located at solid waste landfills [15]. Research shows that this method has less impact on the environment than incineration.

The use of industrial and domestic waste in the power industry is expedient in terms of large-scale decrease in waste storage and minimization of resource consumption. Wastes may undergo combustion individually [16]; in mixtures [17]; or in water-based suspensions [18]. The latter option is of interest to decrease the formation of sulfur oxides and nitrogen oxides in the combustion products [18]. In addition, this method permits the use of large quantities of polluted water and wet wastes in its processing.

Numerous industrial wastes (mainly from the primary sector) are quite high-energy materials. Their direct combustion for the heat and electricity production is environmentally unsafe. One of the methods of large-scale waste utilization is to involve them in the fuel sector as part of slurries to production of heat and electrical energy.

Components of slurry fuels

For the example of the Tomsk region, we now consider the possibility of using local industrial wastes to produce energy by combustion in slurry form.

The Tomsk region in the southeast corner of Western Siberia occupies an area of 314 000 km². Its nearest neighbors are the Kemerovo, Omsk, Novosibirsk, and Tyumen regions and the Krasnoyarsk Krai. It has a unique combination of natural, industrial, and intellectual resources. The main natural resources are petroleum, gas, forests, peat, and minerals. The industrial resources are associated with oil extraction, the petrochemical industry, instrument building, manufacturing, light industry, and the food industry.

This well-developed infrastructure results in copious waste production. Table 1 provides the basic breakdown of the wastes, on the basis of local government documents and data from the industrial enterprises.

The main materials suited to use in fuel slurries are coal and lignite and also flotation wastes from coal processing (filter cake) [19–21]. Industrial-grade water or wastewater may be used to produce the slurries [22, 23]. Additives (usually at concentrations of 5– 20%) may include petroleum sludge, spent auto and industrial oils, water-oil emulsions, and fuel oil [19, 22, 24]. Such additives improve the ignition and combustion of the suspension and increase its heat of combustion.

Wastes from coal enrichment (filter cake) and from the oil industry and municipal trash are currently stored in the greatest quantities [25]. Although there are no coal-industry wastes in the Tomsk region, its proximity to the Kuznetsk Basin provides access to coal slurries and wastes for water-fuel suspensions.

In the present work, besides wastes, we consider peat as a potential fuel-slurry component. The reserves of peat in the Tomsk region are enormous (~29 billion t, with a mean moisture content of 40%). Regrettably, very little of the local peat has been utilized (no more than 5%). It is expedient to consider its use in slurry fuels.

In terms of environmental impact, economic benefit, and energy potential, plant wastes and spent industrial oil are of most interest, according to [19, 26, 27]. In addition, by using oils of different origin in a single experiment, we may analyze the significance of this component in terms of ignition and combustion. Therefore, we consider rapeseed oil and spent turbine oil.

Often, materials of plant origin (such as sawdust, straw, glycerin, and oil-production wastes) are added to the waste so as to minimize the environmental impact of combustion [16, 17, 27, 28]. Clean sawdust and wood chips are promising additives for the Tomsk region (Table 1).

Tables 2–4 present the basic properties of the slurry components.

Table 1 – Wastes in the Tomsk region

Type of waste	Accumulated waste, t
1. Unsorted domestic waste (excluding large objects)	530000
2. Ash–slag mixture from coal combustion	160000
3. Waste from oil and natural-gas extraction	65000
4. Waste from industrial and domestic water treatment	55785
5. Waste (slurry) from purification of tap water and well water	27000
6. Soil contaminated with at least 15% oil or oil derivatives	9200
7. Unsorted wood shavings and offcuts	4100
8. Residues from vegetable-oil processing	3000
9. Residue (slurry) from mechanical processing of oil-bearing wastewater containing <15% oil derivatives	2200
10. Malt brewery mash	1400
11. Food wastes from commercial kitchens, vegetable peelings	840
12. Spent emulsions from the grinding of metals, containing $\geq 15\%$ oil or oil derivatives	330
13. Discarded auto tires	275
14. Grain and seed husks	180
15. Waste from organic solvents, dyes, paints, pastes, and resins	65
16. Eggshells	20

Table 2 – Properties of basic slurry components

Component	Technical analysis, %				Element analysis, %				
	A ^d (%)	W ^a (%)	V ^{daf} (%)	Q _s ^a (MJ/kg)	C ^{daf}	H ^{daf}	N ^{daf}	S _t ^d	O ^{daf}
Filter cake (Anzhersk enrichment facility)	32,2	-	24,2	22,5	86,66	4,39	2,29	0,39	6,27
Coal slurry	20,2	-	20,8	28,30	88,27	4,35	2,18	0,57	4,63
Sukhovsk peat	39,5	59,6	69,3	4,2	52,06	6,31	3,58	0,2	37,85
Berezovskaya K coal	14,65	2,05	27,03	29,76	79,31	4,486	1,84	0,868	12,70

Table 3 – Properties of oils

Oil	Density at 20 °C (kg/m ³)	W ^a (%)	A ^d (%)	T _f (°C)	T _{ign} (°C)	Q _s ^a (MJ/kg)
Spent turbine oil	868	–	0,03	175	193	44,99
Rapeseed oil	911	0,28	0,03	242	–	39,52

Table 4 – Properties of pine sawdust [29]

Technical analysis				Element analysis, %				
A ^d (%)	W ^a (%)	V ^{daf} (%)	Q _s ^a (MJ/kg)	C ^{daf}	H ^{daf}	N ^{daf}	S _t ^d	O ^{daf}
1,88	7,84	73,52	19,41	47,21	6,25	1,59	0,21	44,4

To determine the parameters of fuel based on typical wastes, we study three compositions:

1) coal slurry (20 wt %); filter cake (30 wt %); wastewater (40 wt %); and sawdust (10 wt %);

2) peat (20 wt %); filter cake (30 wt %); wastewater (40 wt %); and rapeseed oil (10 wt %);

3) peat (50 wt %); wastewater (40 wt %); and spent turbine oil (10 wt %).

Experimental materials and methods

In Fig. 1, we show the apparatus used to study the ignition and combustion of composite water-bearing fuels [19, 30, 31]. Its main components are as follows: tubular muffle furnace 1; high-speed video camera 2 (up to 105 frame/s) for recording the experiment; coordinate drive mechanism 3 for automated motion of the fuel sample in the combustion chamber; gas analyzer 4; and personal computer 5.

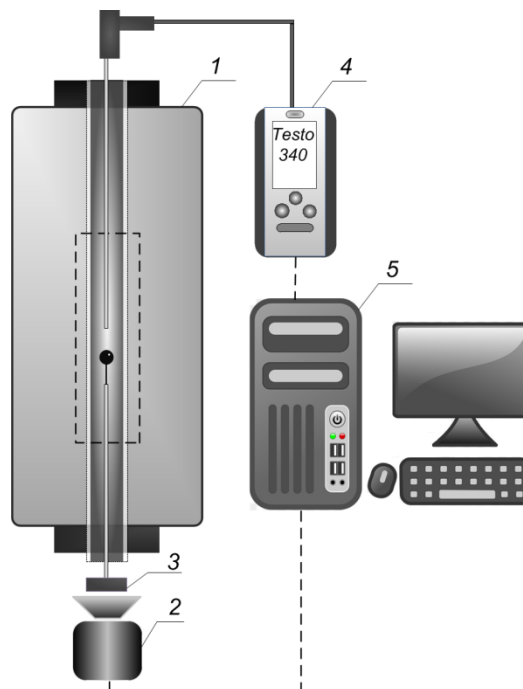


Figure 1 – Experimental apparatus: 1 - muffle furnace;
2 - high-speed video camera; 3 - coordinate mechanism; 4 - gas analyzer;
5 - personal computer

In the experiments, we record the basic characteristics of slurry ignition and combustion by the methods in [19, 30, 31]. The following ignition and combustion characteristics are determined: the ignition time delay τ_d ; the minimum ignition temperature T_g^{\min} ; the maximum combustion temperature T_g^{\max} ; and the toxic gas emissions (NO_x , SO_x). The results are used to assess the benefits of coal and fuel-oil slurries.

In recording the environmental impact of fuel combustion, we use a metallic grid in place of the lowinertia thermocouple junction [32]. Using the grid and a robot coordinate mechanism, the weighed fuel sample is placed in the muffle furnace. In the experiments, the sample mass is 1–3 g (depending on the heat required). The air excess is monitored. (In all the experiments, it is 1.05.) The smokestack gases formed in fuel combustion pass through a modular hood and a gas line to the electrochemical sensors of the instrument for chemical analysis of the gas. We use a Testo 340 gas analyzer equipped with sensors for O_2 (range 0–21%, error 0.1%), CO (range 0–10000 ppm, error $\pm 10\%$), SO_2 (range 0–5000 ppm, error $\pm 10\%$), and NO_x (range 0–4000 ppm, error $\pm 5\%$). EasyEmission software (loaded on a PC) permits continuous monitoring and recording of the gas components [23].

Results

In Fig. 2, we show the time delay in fuel ignition. For suspensions 1–3, at $\sim 700^\circ\text{C}$, the delay time $\tau_d = 7\text{--}12$ s, depending on the properties of the fuel components (Tables 2–4). The properties with the main influence on the heat and mass transfer in heating and ignition are the ash content, moisture content, yield of volatiles, decomposition temperature, and ignition temperature of the liquid and solid components in the mixture.

With increase in temperature from 700 to 900°C , the time delay decreases by a factor of 1.5–2.0, on average (Fig. 2), on account of the significant increase in heat flux to the fuel. Correspondingly, the heating rate of all the components increases, and the time delay of ignition is decreased. Note that increase in

temperature of the combustion chamber decreases the difference in τ_d for the different fuel compositions (except for fuel oil). This indicates that the properties of the mixture components have a significant influence on the ignition process in the range 400–850°C but not at higher temperatures.

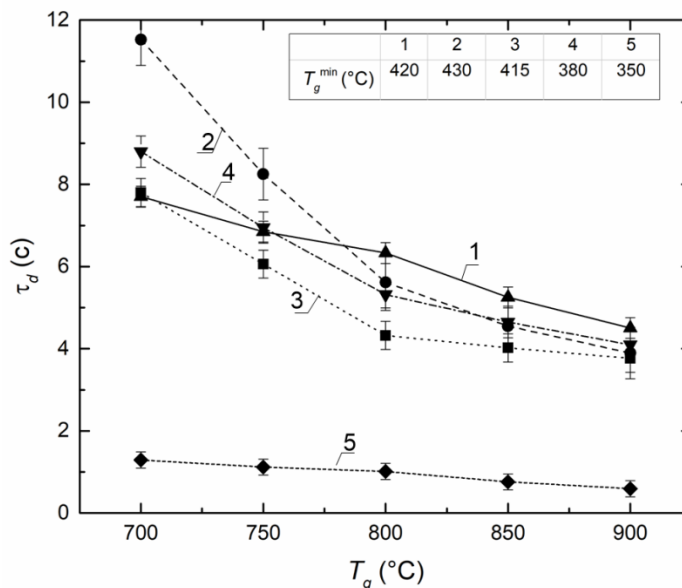


Figure 2 – Dependence of the time delay of fuel ignition on the temperature in the combustion chamber and the minimum ignition temperature:
 1: coal slurry – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and sawdust – 10 %;
 2: peat – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and rapeseed oil – 10 %; 3: peat – 50 %, wastewater – 40 %, and spent turbine oil – 10 %; 4: coal dust; 5: fuel oil.

To assess the ignition characteristics of the fuel slurries, we also show data for the ignition of a droplet of fuel oil and a coal-dust suspension in identical heating conditions in Fig. 2. The ignition characteristics are best for fuel oil: it ignites at lower temperatures, with smaller time delay (Fig. 2). The initial process is very different for the liquid fuel oil than for the solid coal dust and fuel slurries. On heating the fuel-oil droplet, the vaporization of fuel from the surface intensifies, and combustion occurs in the gas phase. The composition of a droplet of slurry fuel is different. On heating, moisture operates from the surface layer, and then the release of volatiles intensifies and the liquid fuel (if present) vigorously vaporizes.

Thus, a hot gas mixture forms around the hot gas mixture and ignites, burning with a flame. This facilitates heating of the unreacted mass. The temperature of the solid fuel (coke residue) increases and then reaches the ignition point. Heterogeneous ignition of the coke residue is followed by combustion of the fuel, with ash formation. Most of the ignition time delay for the suspension is associated with the heat and time required for vaporization of the water: the heat required is ~ 2.2 MJ/kg for the suspension, but only ~ 0.2 MJ/kg for fuel oil. Note also that, in Fig. 2, the time delay for heterogeneous ignition is shown for the coal dust and composite fuel, and heterogeneous ignition follows intense heating of the gas mixture. On the one hand, that permits accelerated heating of the unreacted components; on the other hand, it may prevent the supply of oxygen molecules to the fuel surface and consequently increase the ignition time.

The large time delay at $\sim 700^\circ\text{C}$ is typical for suspension 2 based on water, peat, filter cake, and rapeseed oil (Fig. 2). Most likely, that is largely due to the properties of the peat. The peat employed (Table 2) has a high content of volatiles ($V^{\text{daf}} \sim 69\%$ in the dry ash-free state), with adequate quantities of ash ($A^{\text{d}} \sim 39.5\%$) and moisture ($W_{\text{a}} \sim 59.6\%$). Thus, we cannot say that the peat improves the dynamics of heating and ignition. However, the fuel mixture based on peat (mixture 3 in Fig. 2) ignites more rapidly than the others. In this case, the spent turbine oil has the greatest influence on the heat transfer. In fact, spent turbine oil is highly reactive and has low latent heat of vaporization (~ 0.16 MJ/kg) and ignition temperature. On combustion, it releases large quantities of heat, facilitating the ignition of the hard fuel component.

Note that the time delay of heterogeneous ignition for coal dust is comparable with that for the fuel slurries (Fig. 2). The coal dust has relatively low moisture content, but ignition of the solid components is preceded by considerable delay. This may be attributed to its high yield of volatiles (Table 2) and the specifics of the combustion process. A combustible mixture of air and volatiles in combustion prevents oxidant transfer to the coke residue. Uniform oxygen access is also somewhat hindered by the laminar coal combustion. Undoubtedly, when

small coal particles are sprayed into a hot medium, both gaseous and heterogeneous ignition will occur with significantly shorter delay.

In Fig. 3, we show the maximum combustion temperature and the calorific value of the suspensions. These parameters are greatest for fuel oil and least for suspension 3, based on peat, water, and spent turbine oil. As we see in Fig. 3, the calorific value of the fuel declines uniformly with increase in moisture content of the fuel, while the maximum attainable combustion temperature increases accordingly. On the one hand, this is a serious deficiency of very wet fuel; on the other hand, it demonstrates the great environmental potential of fuel mixtures with high moisture content. In addition, the energy parameters of the suspension may be improved by adding components with high calorific value (such as spent industrial or vegetable oils). Our experiments show that the combustion temperature and calorific value of mixtures 1–3 vary within the ranges 970–1020°C and 9–15 MJ/kg, respectively.

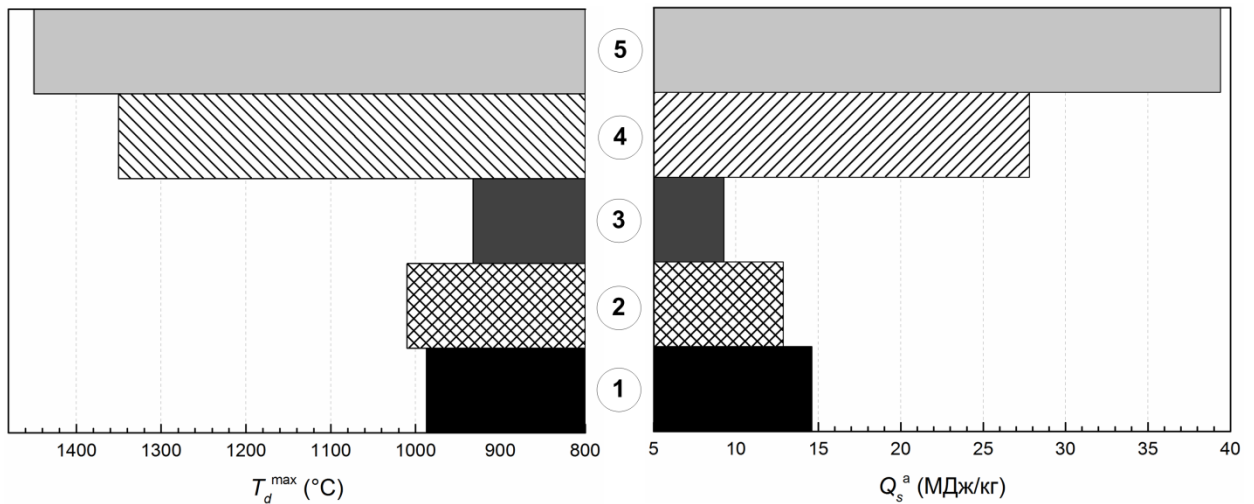


Figure 3 – Maximum combustion temperature (at $T_g \sim 700^\circ\text{C}$) and calorific value of the fuel:

1: coal slurry – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and sawdust – 10 %; 2: peat – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and rapeseed oil – 10 %; 3: peat – 50 %, wastewater – 40 %, and spent turbine oil – 10 %; 4: coal dust; 5: fuel oil.

In Fig. 4, we plot the concentration of toxic emissions (NO_x and SO_x) against the temperature in the combustion chamber, for 1-g fuel samples. We see that regardless of the fuel, the concentration of the emissions increases

exponentially with increase in the temperature of the combustion chamber, since higher temperature corresponds to faster vaporization, thermal decomposition, ignition, combustion, and oxidation of the sulfur and nitrogen present in the fuel, with the formation of their oxides.

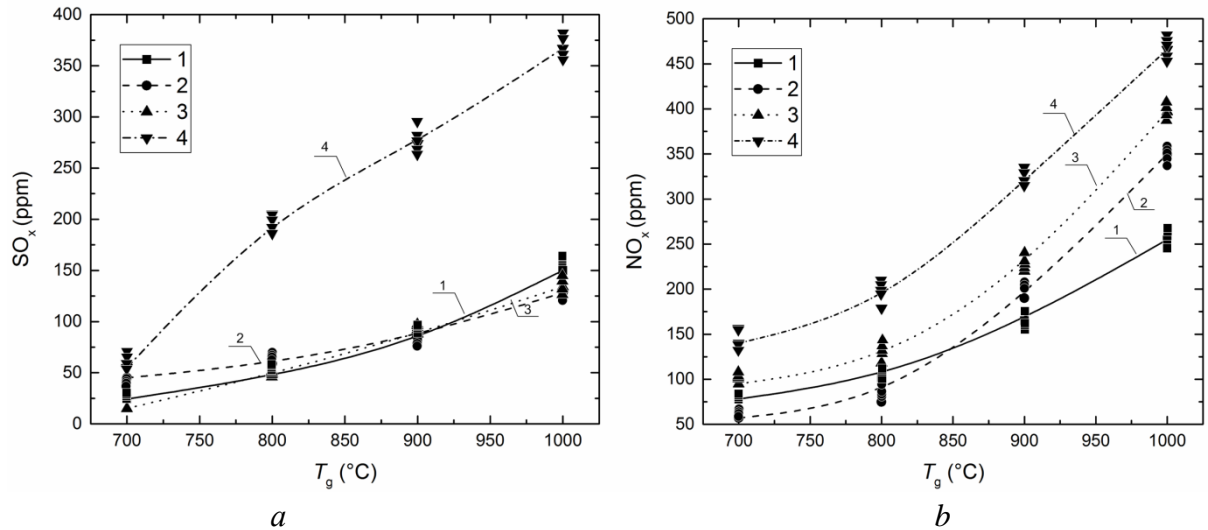


Figure 4 – Concentration of sulfur oxides (a) and nitrogen oxides (b) at different fuel temperatures (fuel mass $M = 1$ g):

- 1: coal slurry – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and sawdust – 10 %;
- 2: peat – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and rapeseed oil – 10 %;
- 3: peat – 50 %, wastewater – 40 %, and spent turbine oil – 10 %; 4: coal dust.

It follows from the experiments that the use of composite fuel slurries decreases the content of NO_x and SO_x in the emissions by 59% and 80%, respectively. This may be attributed to the presence of water in the suspensions. As moisture is evaporated from the fuel, the temperature in the combustion zone falls and the combustion slows. Accordingly, less NO_x and SO_x will be formed. We find that the use of the fuel suspensions has the greatest effect on the NO_x and SO_x emissions in the temperature range 800–1000°C. In that range, the free hydrogen molecules react vigorously with the NO_x and SO_x , thereby decreasing their content in the smokestack gases [23]. If we consider each gas separately, we may identify several reasons for the decrease in NO_x and SO_x concentrations.

For sulfur oxides, we note that the total sulfur content in the mixture decreases on account of the replacement of 40% of the coal by water or other additives and impurities. In addition, the compounds of metals (Ca, Na, K) in the

plant-based materials (sawdust, rapeseed oil) react at high temperatures with sulfur oxides, forming materials that absorb the sulfur-bearing gas components.

The decrease in NO_x concentration when coal is replaced by fuel slurries may be due to the following factors: 1) the nitrogen content in the fuel is decreased; 2) the use of components with low reactivity (water, peat, rapeseed oil) lowers the temperature in the combustion zone, which has a direct influence on NO_x formation. According to Fig. 4b, the NO_x emissions in the range 850–1000°C are least for composition 1, with 10% sawdust. The nitrogen in the sawdust is mainly released during the combustion of volatiles in the form of intermediate reducing products or functional groups, most of which are not converted to NO_x . In addition, on account of the high content of volatiles in the sawdust (>70%) and their rapid emission and subsequent combustion, the content of oxygen O_2 in the combustion chamber decreases. Hence, in reactions with the participation of fuel nitrogen and oxygen, NO_x is formed in smaller quantities. The difference in NO_x concentration with variation in the type of oil is slight (compositions 2 and 3). This may be explained in that the combustion temperature mainly affects the NO_x yield. The high calorific value of the rapeseed oil and spent turbine oil considerably boosts the temperature of the combustion chamber. The additional heat introduced by combustible liquids leads to high-temperature oxidation of nitrogen in the combustion zone at high temperatures (>1000°C).

Note that, in practice, the mass of fuel slurry required to produce some specific thermal energy will be greater than the mass of coal required for the same purpose. For example, Table 5 shows the mass of the various fuels required to produce heat of 29.76 MJ. In the laboratory, simultaneous combustion of several kg of fuel is not possible. Therefore, we assume that 1 kg of fuel consumed on an industrial scale is equivalent to 1 g in laboratory conditions.

Table 5 – Fuel characteristics

Composition, wt %	Calorific value, MJ/kg	Fuel required to generate 29.76 MJ of heat, kg
1: coal slurry (20 wt %); filter cake (30 wt %); wastewater (40 wt %); and sawdust (10 wt %)	14,21	2,1
2: peat (20 wt %); filter cake (30 wt %); wastewater (40 wt %); and rapeseed oil (10 wt %)	12,79	2,3
3: peat (50 wt %); wastewater (40 wt %); and spent turbine oil (10 wt %)	10,40	2,9
4: Coal	29,76	1,0

In Fig. 5, we show the environmental emissions of NO_x and SO_x when burning the mass of each fuel sample required to produce the same thermal energy. Analysis reveals the influence of the greater fuel combustion required in practice on the concentration of emissions.

As we see in Fig. 5, the considerable increase in mass of fuels 1 and 2 relative to coal does not result in corresponding increase in the NO_x and SO_x emissions. Increasing the sample mass by a factor of 2.3 decreases the NO_x and SO_x emissions by more than 30% and 68%, respectively. In addition, larger quantities of coal-enrichment and forestry wastes and peat are consumed. However, approximately threefold increase in mass of suspension 3 based on peat, water, and spent turbine oil increases the NO_x emissions by 18–54% in comparison with coal. Thus, we may conclude that the peat content in the fuel slurries should be no more than 20%. Greater increase may considerably boost the NO_x emissions.

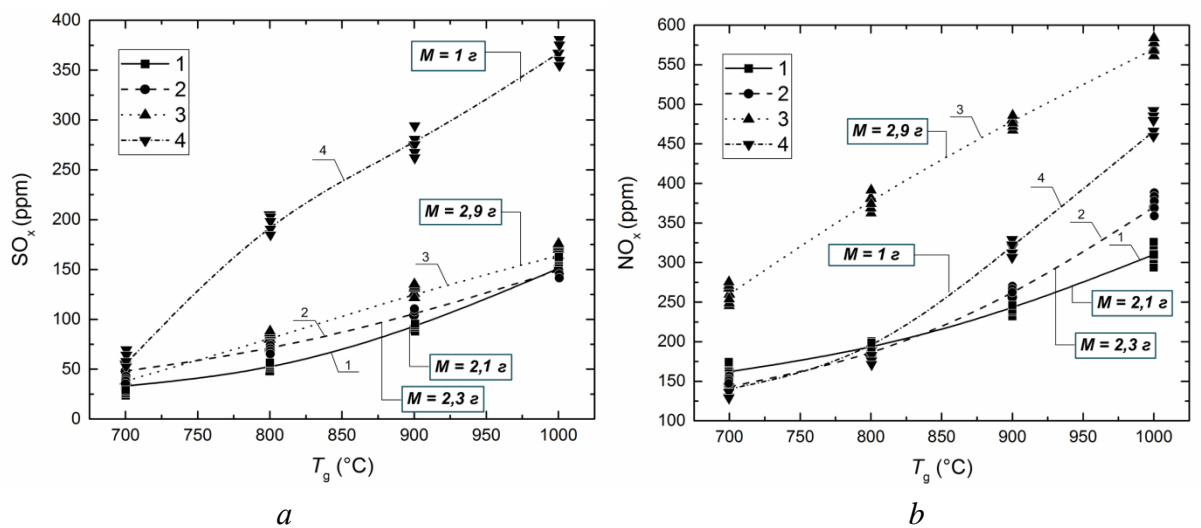


Figure 5 – Concentration of sulfur oxides (a) and nitrogen oxides (b) in the combustion of fuel samples of different mass to ensure the same heat of combustion: 1: coal slurry – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and sawdust – 10 %; 2: peat – 20 %, filter cake – 30 %, wastewater – 40 %, and rapeseed oil – 10 %; 3: peat – 50 %, wastewater – 40 %, and spent turbine oil – 10 %; 4: coal dust.

If we consider the data for the consumption of fuel samples of the same mass (Fig. 4) and different mass (Fig. 5), we see that the environmental impact is less with equal size of the fuel samples, as expected, especially in terms of SO_x emissions. The decrease may be more than 80%. However, in that case, less thermal energy will be generated. The decision whether to maintain constant fuel consumption or increase consumption must be made locally, for each enterprise, in accordance with the standards for energy generation and the environmental standards.

Conclusion

In the course of experimental studies, the main advantages of suspension fuels were determined. A review of solid domestic waste processing methods is carried out and the components for a typical industrial region - Tomsk Oblast - are identified. It is concluded that numerous wastes from coal and petroleum processing are promising as components of water-bearing fuel suspensions. That would decrease the quantity of stored waste and also provide considerable environmental benefits in comparison with the use of coal and fuel oil at thermal power plants. In particular, NO_x and SO_x emissions may be decreased by 60...80%.

Predictions indicate that, for industrial regions, the combustion of water-bearing fuel suspensions based on wastes would permit the generation of up to 10% of the thermal energy requirements or up to 5% of the power requirements. That corresponds to the disposal of up to 5 million t of coal slurry each year. In addition, NO_x and SO_x emissions may be decreased by 60...80%.

References

1. Qu W., Xu L., Qu G., Yan Z., Wang J. The impact of energy consumption on environment and public health in China // *Natural Hazards*. 2017. V. 87. No. 2. P. 675–697.
2. Shang Y., Sun Z., Cao J., Wang X., Zhong L., Bi X., Li H., Liu W., Zhu T., Huang W. Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality // *Environment International*. 2013. V. 54. P. 100–111.
3. Gaffney J.S., Marley N.A. The impacts of combustion emissions on air quality and climate - From coal to biofuels and beyond // *Atmospheric Environment*. 2009. V. 43. No. 1. P. 23–36.
4. Nixon J.D., Dey P.K., Ghosh S.K. Energy recovery from waste in India: An evidence-based analysis // *Sustainable Energy Technol Assess*. 2017. V. 21. P. 23-32.
5. Bajić B.Z., Dodić S.N., Vučurović D.G., Dodić J.M., Grahovac J.A. Waste-to-energy status in Serbia // *Renewable Sustainable Energy Rev*. 2015. V. 50. P. 1437-1444.
6. Gómez A., Zubizarreta J., Rodrigues M., Dopazo C., Fueyo N. Potential and cost of electricity generation from human and animal waste in Spain // *Renew Energy*. 2010. V. 35. No. 2. P. 498-505.
7. Ouda O.K.M., Raza S.A., Nizami A.S., Rehan M., Al-Waked R., Korres N.E. Waste to energy potential: A case study of Saudi Arabia // *Renewable Sustainable Energy Rev*. 2016. V. 61. P. 328-340.
8. Nizami A.S., Rehan M., Waqas M., Naqvi M., Ouda O.K.M., Shahzad K., et al. Waste biorefineries: Enabling circular economies in developing countries // *Bioresour Technol*. 2017. V. 241. P. 1101-1117.
9. Dhar H., Kumar S., Kumar R. A review on organic waste to energy systems in India // *Bioresour Technol*. 2017. V. 245. P. 1229-1237.

10. Bhatnagar A., Kaczala F., Hogland W., Marques M., Paraskeva C.A., Papadakis V.G., et al. Valorization of solid waste products from olive oil industry as potential adsorbents for water pollution control-a review // *Environ Sci Pollut Res*. 2014. V. 21. No. 1. P. 268-298.
11. Jönsson J. Recycling of industrial lubricant oil. *Ecotechnology and Sustainable Building Engineering* // MID Sweden university. 2016.
12. Paladino O., Neviani M. A closed loop biowaste to biofuel integrated process fed with waste frying oil, organic waste and algal biomass: Feasibility at pilot scale // *Renew Energy*. 2018. V. 124. P. 61-74.
13. Zhao Y., Yan X., Zhou J., Li R., Yang S., Wang B., et al. Treatment of oily sludge by two-stage wet air oxidation // *J Energy Inst*. 2019. V. 92. No. 5. P. 1451-1457.
14. Wan Mahari W.A. Chong C.T., Cheng C.K., Lee C.L., Hendrata K., Yuh Yek P.N., et al. Production of value-added liquid fuel via microwave co-pyrolysis of used frying oil and plastic waste // *Energy*. 2018. V. 162. P. 309-317.
15. Król D., Poskrobko S. High-methane gasification of fuels from waste – Experimental identification // *Energy*. 2016. V. 116. P. 592-600.
16. Lu Y., Tsai M., Chang F. Forest Waste Derived Fuel with Waste Cooking Oil // *Energy Procedia*. 2017. V. 105. P. 1250-1254.
17. Hlina M., Hrabovsky M., Kavka T., Konrad M. Production of high quality syngas from argon/water plasma gasification of biomass and waste // *Waste Manage*. 2014. V. 34. No. 1. P. 63-66.
18. Zhao X., Zhu W., Huang J., et al., Emission characteristics of PCDD/Fs, PAHs and PCBs during the combustion of sludge-coal water slurry // *J. Energy Inst*. 2015. V. 88. No. 2. P. 105–111.
19. Strizhak P.A. and Vershinina K.Y., Maximum combustion temperature for coal-water slurry containing petrochemicals // *Energy*. 2017. V. 120. P. 34–46.
20. Li D., Wu D., Xu F., et al. Literature overview of Chinese research in the field of better coal utilization // *J. Clean. Prod*. 2018. V. 185. P. 959–980.

21. Wang H., Liu S., Li X., et al. Morphological and structural evolution of bituminous coal slime particles during the process of combustion // *Fuel*. 2018. V. 218. P. 49–58.
22. Liu J., Wang R., Xi J., et al. Pilot-scale investigation on slurring, combustion, and slagging characteristics of coal slurry fuel prepared using industrial waste liquid // *Appl. Energy*. 2014. V. 115. P. 309–319.
23. Vershinina K.Yu. and Strizhak P.A. Ignition of coal suspensions based on water of different quality // *Coke Chem*. 2016. V. 59. No. 11. P. 437–440.
24. Zhang K., Cao Q., Jin L., et al. A novel route to utilize waste engine oil by blending it with water and coal // *J. Hazard Mater*. 2017. V. 332. P. 51–58.
25. Volynkina E.P. Analysis of the state and problems of technological waste recycling in Russia // *Vestn. Sib. Gos. Ind. Univ*. 2017. No. 2. P. 20.
26. Dmitrienko M.A. and Strizhak P.A. Coal-water slurries containing petrochemicals to solve problems of air pollution by coal thermal power stations and boiler plants: an introductory review // *Sci. Total Environ*. 2018. V. 613–614. P. 1117–1129.
27. Armesto L., Bahillo A., Cabanillas A., et al. Cocombustion of coal and olive oil industry residues in fluidized bed // *Fuel*. 2003. V. 82. No. 8. P. 993–1000.
28. Bhuiyana A.A., Blicblau A.S., Islam A.K.M.S., Naser J. A review on thermo-chemical characteristics of coal/biomass co-firing in industrial furnace // *Energy Inst*. 2018. V. 91. No. 1. P. 1–18.
29. Mei Y., Liu R., Zhang L. Influence of industrial alcohol and additive combination on the physicochemical characteristics of bio-oil from fast pyrolysis of pine sawdust in a fluidized bed reactor with hot vapor filter // *Energy Inst*. 2016. V. 90. No. 6. P. 923–932.
30. Vershinina K.Y., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Sawdust as ignition intensifier of coal water slurries containing petrochemicals // *Energy*. 2017. V. 140. P. 69–77.

31. Valiullin T.R., Vershinina K.Yu., Lyrshchikov S.Yu., Shevyrev S.A. Ignition of fuel based on filter cake // *Coke Chem.* 2017. V. 60. No. 3. P. 127–132.

32. Nyashina G.S., Kuznetsov G.V., Strizhak P.A. Energy efficiency and environmental aspects of the combustion of coal-water slurries with and without petrochemicals // *J. Clean. Prod.* 2017. V. 172. P. 1730– 1738.

Приложение Б
(обязательное)

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол-во, шт.		
1	2	3	4		
1а..4а	Термопреобразователь, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %. Выходной сигнал 4 ... 20 мА. Шкала: -50 ... $+100$ °С. Питание 24 В ООО НПП «ЭЛЕМЕР», г. Москва, Зеленоград	ТПУ-205	6		
5а, 6а 11а..13а	Уровнемер сыпучих сред, выходной сигнал 4 ... 20 мА. Диапазон измерений до 20 м. Предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,01$ % «РусАвтоматизация», г. Челябинск	TUBA 1''	5		
7а..10а	Сигнализатор уровня жидких сред, выходной сигнал 4 ... 20 мА. Диапазон измерений до 4 м. Предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,1$ % «РусАвтоматизация», г. Челябинск	Монориво 4000	4		
14а..17а	Преобразователь дифференциального давления, выходной сигнал 4 ... 20 мА. Диапазон измерений 0,063 кПа – 16 МПа. Предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,15$ % ООО НПП «ЭЛЕМЕР», г. Москва, Зеленоград	ЭЛЕМЕР – 100ДД	4		
	Программируемый логический контроллер КРОСС-500. В состав контроллера входят следующие блоки (модули):	КРОСС-500	1		
	Центральный процессор (БЦП2). Питание 24 В. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	БЦП2	1		
	Модуль ввода аналоговых сигналов AI Входные сигналы: 4...20 мА. Аналоговых входов: 8. Питание 24 В. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	AI1-8	2		
	Модуль ввода дискретных сигналов DI, количество входов: 8. Питание 24 В. ОАО «ЗЭиМ», г. Чебоксары.	DI1-8	5		
		ФЮРА.4.21000.007 СО2			
		АСР топливоприготовления			
Исполнил	Мартова С.В.	АСУ приготовления суспензионного топлива	Стад	Лист	Листов
Проверил	Кац М.Д.		ТРП	1	2
Проверил	Медведев В.В.	Спецификация приборов и средств автоматизации	ТПУ		ИШЗ 5БМ82
			Группа		

<i>Позиция</i>	<i>Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации</i>	<i>Тип и марка прибора</i>	<i>Кол-во, шт.</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	<i>Модуль вывода дискретных сигналов ДД, количество выходов: 8. Питание 24 В. ОАО «ЗЭМ», г. Чебоксары.</i>	<i>DD1-8</i>	<i>4</i>
	<i>Блок питания БП. Входное напряжение 120/230 В. Выходное напряжение 24 В. ОАО «ЗЭМ», г. Чебоксары.</i>	<i>ЯЛБИ.426449.097</i>	<i>1</i>
<i>18б...24б</i>	<i>Механизм электроисполнительный однооборотный. в составе с блоком сигнализации положения выходного вала таковым БСПТ-10АМ с унифицированным сигналом 4-20 мА и выносным блоком питания БП20-АМ. Питание 220 В. ОАО «ЗЭМ», г. Чебоксары.</i>	<i>МЭОФ-1000/25-0,25-07К</i>	<i>4</i>
<i>26б...29б</i>	<i>Горизонтальный центробежный насос для вязких сред. «Гидроком», г. Ростов-на-Дону.</i>	<i>МегаСРК</i>	<i>4</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>
<i>ФЮРА.421000.007 С02</i>			<i>Лист 2</i>