

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Автоматическая система приготовления органоводугольного топлива УДК <u>681.51:662.66.022.51-032.2</u>

**Студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович		

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кравченко Е.В.	К.Т.Н.		28.05.2019

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, ОСГН	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		24.05.2019

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент, ООД, ШИБ	Сотникова А.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, и <i>современных</i> методов.

P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.



	микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и получения информации о параметрах процесса.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Исследовательские изыскания. 2 Проектирование АСР процесса приготовления органоводоугольного топлива. 3 Разработка щита управления АСР процесса приготовления органоводоугольного топлива. 4 Расчет параметров настройки регулятора. 5 Мнемосхема проекта. 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7 Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1 Схемы структурная. 2 Схема функциональная. 3 Схема электрическая соединений. 4 Схема монтажная. 5 Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2019
--	------------

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

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Месячный оклад инженера – 15470 р. Месячный оклад научного руководителя – 49664р.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 40%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставки НДС и социального налога

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Выполнить

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	23.04.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение</b>	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования	Объектом исследования является процесс проектирования автоматической системы приготовления органоводугольного топлива
--	---

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

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>2. Производственная безопасность</b>	Необходимо проанализировать основные вредные и опасные факторы работы: - производственный шум, - электромагнитное поле - освещение, - микроклимат, - поражение электрическим током, - возгорание.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	22.04.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент ООД, ШИБ	Сотникова Анна Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б5В	Клепиков Дмитрий Михайлович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 86 с., 9 рис., 19 табл., 28 источников.

Ключевые слова: органоводоугольное топливо, система приготовления топлива, автоматическая система регулирования, микропроцессорные технические средства автоматизации, проектирование.

Объектом автоматизации является технологический процесс приготовления органоводоугольного топлива для водогрейного котла. Целью выпускной квалификационной работы является проектирование автоматической системы для приготовления многокомпонентных топливных смесей на основе воды, горючих отходов, низкосортных топлив.

В процессе исследования проводились анализ и выбор структурной схемы АСР ТП приготовления топлива, технических средств автоматизации, разработка функциональной схемы, принципиальной электрической схемы щита управления, мнемосхемы. Приведен расчет по определению оптимальных параметров настройки регулятора АСР уровня топлива. Выполнена оценка ресурсоэффективности проекта.

В результате исследования разработан комплект проектной и конструкторской документации для системы автоматического регулирования технологического процесса приготовления органоводоугольного топлива. Данная система построена по трехуровневому принципу с использованием современных технических средств автоматизации на основе микропроцессорной техники.

## Обозначения и сокращения

ВУТ – водоугольное топливо;

ОВУТ – органоводоугольное топливо;

АСР – автоматизированная система регулирования;

ИМ – исполнительный механизм;

Фильтр-КЕК – типичные отходы углерепереработки;

## Содержание

Введение.....	12
1. Исследовательские изыскания .....	14
2. Анализ объекта автоматизации .....	20
2.1 Выбор структуры автоматической системы регулирования (АСР) ....	22
2.2 Разработка функциональной схемы .....	24
2.3 Выбор технических средств и составление спецификации .....	25
2.4 Разработка монтажной схемы .....	32
2.5 Выбор исполнительного механизма .....	34
3. Разработка принципиальной электрической схемы щита управления ..	36
3.1 Разработка перечня элементов щита управления .....	37
3.2 Разработка общего вида щита управления .....	38
4. Расчет параметров настройки регулятора.....	39
4.1 Идентификация объекта управления.....	39
4.2 Расчет параметров настройки регулятора.....	42
5. Мнемосхема проекта .....	53
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
54	
6.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	59
6.2 Расчет затрат на материалы .....	59
6.3 Расчет заработной платы .....	60
6.4 Расчет затрат на социальный налог .....	61
6.5 Расчет затрат на электроэнергию.....	62
6.6 Расчет амортизационных расходов .....	63
6.7 Расчет прочих расходов.....	64

6.8	Расчет общей себестоимости разработки .....	65
6.9	Расчет прибыли.....	65
6.10	Расчет НДС.....	66
6.11	Цена разработки НИР.....	66
7	Социальная ответственность .....	68
7.1	Введение .....	68
7.2	Производственная безопасность.....	69
7.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	77
7.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности...	80
7.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	81
7.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	82
7.5	Заключение по разделу .....	83
	Заключение .....	84
	Список использованных источников .....	85

Графический материал:

ФЮРА.421000.009 С1 Структурная схема

ФЮРА.421000.009 С2 Схема функциональная

ФЮРА.421000.009 ЗС Заказная спецификация

ФЮРА.421000.009 Э4 Схема электрическая принципиальная

ФЮРА.421000.009 Э7 Схема монтажная

ФЮРА.421000.009 ОВ Общий вид щита управления

## Введение

Высокий уровень загрязнения окружающей среды отходами котельных и тепловых электрических станций, сжигающих угли разных марок, является основной причиной активных исследований, которые направлены на разработку альтернативных топлив. Приемлемое по экологическим, энергетическим и технико-экономическим критериям решение сформулированной проблемы – создание композиционных топлив с применением измельченного угля или отходов углепереработки и углеобогащения, воды разного качества, примесей в виде нефтешламов.

Внедрение такой технологии имеет существенное преимущество по сравнению с традиционной, а именно: уменьшение загрязнения атмосферы. В тоже время у водоугольных топлив (ВУТ) есть и недостатки, главными из которых считаются меньшие теплоты сгорания и высокие скорости расслоения (как следствие, небольшой срок хранения без перемешивания). Оба этих недостатка устраняются при использовании вместо ВУТ органоугольных топлив (ОВУТ), т.е. при добавлении нефтешламов, смол, фусов, отработанных масел и других вязких горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в состав ВУТ.

Но водоугольные топлива пока не пользуются большой популярностью в нашей стране. Преградой внедрения ВУТ являются проблемы развития технологий их приготовления и сжигания [1-3]. В настоящее время мировым лидером по разработке и внедрению водоугольных топлив в теплоэнергетическую отрасль является Китай [1].

Весомый вклад в практическую и научную деятельность по внедрению технологий связанных с ВУТ вносит Япония. Также успехов по применению водоугольных технологий достигли Италия, Швеция, Канада, США и Украина [1]. Последнее время в этих странах проводились исследования направленные на получение устойчивой структуры ВУТ и эффективного сжигания такого топлива [1]. Например, существует ряд

технических решений, позволяющих, сохраняя структуру водоугольной суспензии, транспортировать ее на большие расстояния [1,2].

В период с 1989–1993.г в России функционировала транспортировка ВУТ Белово-Новосибирск, трубопровод имел протяженность 262 км. Водоугольное топливо поставлялось в Новосибирск на ТЭЦ-5, где четыре котла были оборудованы для его сжигания [3]. Кроме того, проведены реконструкции ряда котельных агрегатов под использование ВУТ вместо мазута [6,7]. Их эксплуатация [4,5] получила положительные результаты.

При использовании ОВУТ в котлоагрегате возникают некоторые сложности: приготовление и транспортировка топлива перед подачей в котел. Вместо водоуглепровода [3] в данной работе предлагается локальная система автоматического приготовления органоводоугольного топлива.

Цель настоящей работы – экспериментальное исследование характеристик ОВУТ, полученных на основе фильтр-кеков каменных углей и отработанных масел, а также проектирование автоматизированной системы приготовления органоводоугольной суспензии для котлоагрегата.

## 1. Исследовательские изыскания

Результаты экспериментальных исследований по изучению ВУТ и ОВУТ в течение последних нескольких лет показали большую выгоду для человечества [6–9]. Главной энергетической особенностью ОВУТ в сравнении с традиционным пылевидным угольным топливом является возможность обеспечения низкотемпературного сжигания, а также снижения пожарной опасности, свойственной процессам подготовки, хранения и транспортировки высокореакционной угольной пыли на энергетических предприятиях. За счет вовлечения низкосортных углей, отходов углеобогащения (фильтр-кеков) и нефтепереработки снижается стоимость топлива, что положительно сказывается на экономическом аспекте.

Наиболее подходящие по свойствам группы - из отходов углеобогащения (фильтр-кеков) и отработанных промышленных масел [10,11]. Поэтому в настоящей работе исследования проводились с использованием этих отходов. Из результатов экспериментов [12] следует, что среди наиболее масштабных по объемам фильтр-кеков коксующихся, слабоспекающихся, жирных, газовых, длиннопламенных, тощих каменных углей средние показатели характерны для кека тощего каменного угля. Влажность и теплота сгорания фильтр-кека тощего угля в его исходном состоянии составляет около 43,5% и 16,42 МДж/кг. По этой причине в данной работе горючий компонент выбран в качестве основного [12]. Из исследований [13-15] можно заключить, что наиболее привлекательными по экологическим, экономическим и энергетическим показателям являются растительные и отработанные промышленные масла. Кроме того, использование в рамках одного эксперимента масел разного происхождения позволяет достаточно наглядно продемонстрировать значимость этого фактора. Поэтому выбрано рапсовое и отработанное турбинное масло.

Основное внимание уделено процессу приготовления трех разновидностей топлив на рисунке 1 (а) жидкое состояние; (б) гелеобразное состояние; (в) практически твердое состояние – гранулят. Топлива

приготавливались с использованием гомогенизатора по методике, аналогичной [12,14]. Для получения однородного состояния компоненты перемешивались в течение 10 минут, и полученная композиция помещалась в емкость для хранения. Внешний вид данного топлива (суспензии) показан на рисунке 1а. В этом исследовании масло (нефтяное и растительное) добавлялось в фильтр-кек таким образом, чтобы доля масла составляла 10% или 20% в конечной смеси. Доля фильтр-кека в итоговой суспензии составила 90% и 80% соответственно. Таким образом, концентрация твердых частиц в суспензии составляла около 39% и 35% соответственно.

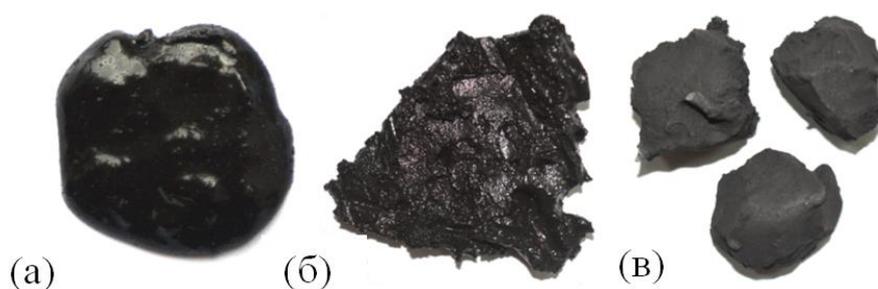


Рисунок 1 – Внешний вид исследуемых топлив: *а* – суспензия в исходном виде; *б* – гелеобразное топливо (осадок выдержанной суспензии); *в* – гранулят.

Выдержка суспензии в герметичной емкости проходила в течение трех суток. За это время, под действием силы тяжести твердые частицы фильтр-кека осаждались. На поверхности топлива образовывался слой влаги, который удалялся с помощью шприца. Осадок представлял собой второй тип исследуемого топлива (рисунок 1 б). Третий тип топлива – это так называемый гранулят (рисунок 1 в). Из начальной суспензии формировались специальные навески в виде гранул размером около 2 мм (для изучения характеристик зажигания) и 20 мм (для регистрации экологических характеристик сжигания). В дальнейшем топливо выдерживалось путем открытого хранения в течение 24 часов при температуре 20 °С, давлении 101.3 кПа и относительной влажности воздуха 80% в лабораторных условиях.

Содержание воды в трех изученных видах топлив имело следующие значения: 35–39% для суспензии; 21–24% для гелеобразного топлива; и 10–12% для топлива в твердом состоянии. Определение доли влаги было основано на взвешивании топлива и определении разности масс до и после хранения и высушивания. Влагосодержание исходной суспензии было определено согласно данным о влагосодержании основного компонента топлива – фильтр-кека.

Эксперименты показали, что топлива на основе влажных отходов флотации углей и масел обладают относительно высокой устойчивостью при хранении (не расслаиваются по сравнению с типичными суспензиями ВУТ на углях). В течение трех суток выдержки топливных смесей в герметичной емкости отделялось сравнительно небольшое количество влаги (Таблица 1). Это объясняется двумя причинами. *Во-первых*, отходы флотации угля содержат небольшое количество реагентов, вводимых в уголь при его обогащении. Это реагенты способствуют связыванию твердых частиц и препятствуют их осаждению. *Во-вторых*, масляные компоненты также способствуют связыванию, обволакиванию твердых частиц, созданию стабильной структуры хранимого топлива. Согласно наблюдениям, представленным в таблице 1, как рапсовое, так и отработанное турбинное масло препятствуют расслоению суспензий. Отработанное турбинное масло показало лучший результат. В таких суспензиях после трех суток выдержки отделялась меньшая доля воды (таблица 1).

Таблица 1 – Масса отделившейся при хранении суспензий влаги относительно массы исходного топлива.

90% фильтр-кек, 10% рапсовое масло	80% фильтр-кек, 20% рапсовое масло	90% фильтр-кек, 10% отработанное турбинное масло	80% фильтр-кек, 20% отработанное турбинное масло
2.22%	1.68%	1.85%	0.73%

Также были проведены исследования показателя стабильности топлива. Для определения параметров композиционных водосодержащих топлив были рассмотрены следующие составы:

- 1) 50% длиннопламенный уголь, 40% вода, 10% нефтешлам;
- 2) 50% длиннопламенный уголь, 40% вода, 10% этанол;
- 3) 50% длиннопламенный уголь, 40% вода, 10% смесь зерновых отходов;
- 4) 90% фильтр-кек коксующегося угля, 10% нефтешлам;
- 5) 90% фильтр-кек коксующегося угля, 10% этанол;
- 6) 90% фильтр-кек коксующегося угля, 10% смесь зерновых отходов.

Таблица 2 – Параметры водоугольных топливных смесей

Концентрации компонентов		Размер твердых частиц, мкм	Вязкость, мПа·с	Доля отделившейся воды, %
50% длиннопла менный уголь, 40% вода	10% нефтешлам	40	119.40	26.79
		80	68.40	31.58
		140	75.68	40.56
	10% этанол	40	126.68	19.20
		80	119.40	32.63
		140	61.11	26.84
	10% смесь зерновых отходов	40	148.54	–
		80	133.97	–
		140	141.25	–
90% фильтр-кек коксующег ося угля	10% нефтешлам	80–140	203.19	2.45
	10% этанол	80–140	377.32	2.63
	10% смесь зерновых отходов	80–140	405.40	2.18

Из анализа полученных данных таблицы 2 можно следует следующее: Во-первых, с ростом размера угольных частиц снижается стабильность суспензий на основе угольной пыли. Скорость осаждения более крупных частиц за счет сил тяжести выше, чем у мелких; Во-вторых, вязкость суспензии увеличивается с уменьшением размера частиц. Мелкие частицы угля характеризуются плотной структурой (высокой плотностью), что затрудняет проникновение жидкости, присутствующей в суспензии, в межкристаллитные пустотные пространства в угле. Даже если жидкость попадает в данное пространство, она не может свободно перемещаться или течь в пределах занимаемого участка. Таким образом, увеличение внутреннего трения во время движения приводит к большему сопротивлению, что увеличивает вязкость. Частицы с большими размерами имеют больше пустот, более низкие значения вязкости и большую текучесть. Однако из-за проблем, возникающих при осаждении, и ограничений, связанных с размерами частиц при горении, размер частиц не может быть увеличен свыше допустимых значений [16,17]; В-третьих, самые высокие показатели вязкости и стабильности зафиксированы для составов на основе фильтра кека. Данные составы оказались стабильными, агрегативно устойчивыми и практически не расслаивались в течение всего срока хранения (7 суток). Скорее всего, это связано с особыми свойствами фильтрика, в котором присутствуют различные флокулянты [17,18].

На основании этих результатов можно сделать вывод о том, что вязкость суспензионного топлива на основе отходов переработки угля может поддерживаться на требуемом уровне даже после относительно длительного хранения без периодического перемешивания.

Дополнительно хотелось бы отметить составы с примесью зерновых отходов. При хранении таких суспензий более суток на поверхности топлива образовалась тонкая пленка. Ниже этой пленки в результате химических реакций топливо подверглось процессу брожения. Брожение свидетельствует о метаболическом распаде молекул питательных веществ, например глюкозы

в присутствии спиртово-броидильных и молочнокислых бактерий. Данному процессу способствует избыток тепла и влаги. Выявленный эффект не позволил нам достоверно измерить объем отделившейся влаги из топлив. Учитывая данный факт, рекомендуется выполнять приготовление суспензий с примесью зерновых отходов в течение часа непосредственно перед подачей в камеры сгорания энергетических установок.

## 2. Анализ объекта автоматизации

В рамках работы рассматривается установка приготовления топлив в расчете для котельного агрегата ПТВМ-50. Из инструкции по режиму работы и безопасной эксплуатации котлоагрегата взята следующая информация. Расход топлива: 6260 м<sup>3</sup>/ч, необходим объем заранее приготовленного топлива в расчете на 3 дня (500000м<sup>3</sup>). Структура процесса представлена на рисунке 2.

Органоводоугольное топливо состоит из трех компонентов представленных на участке 1 (рисунок 2), а именно: вода, масло и угольная составляющая. На данном участке происходит наполнение емкостей в заданных пропорциях (например, 40% – вода, 10% – масло, 50% – уголь), предполагается, что процесс автономен, будет проходить по заданным условиям, также возможна смена концентрации по нужной конфигурации задающего устройства.

Далее компоненты смешиваются в области 2 на рисунке 2. В основном смешивающем баке происходит: постоянная работа перемешивающего элемента; регулировка температуры топлива, посредством увеличения или уменьшения расхода подогревающей воды из области 3 (рисунок 2).

Полученное топливо поступает через область 4 (рисунок 2) к горелкам, где в этой области происходит регулировка расхода топлива, за счет регулирования мощности насоса.

Таким образом, в представленной установке основные параметры регулирования- это концентрация компонентов, расход топлива и его температура.

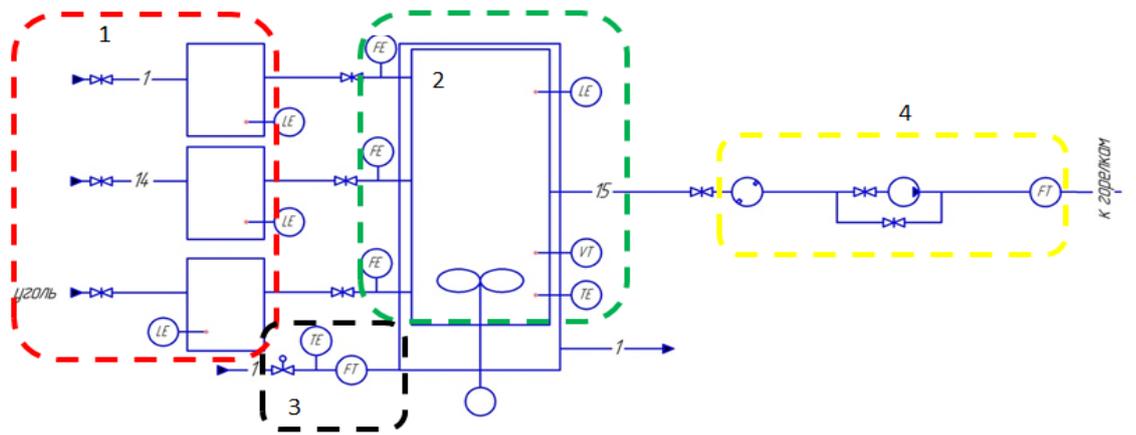


Рисунок 2 – Схема подготовки топлива к сжиганию:

1 – область приготовления компонентов; 2 – область приготовления топлива;  
 3 – участок подвода воды для подогрева; 4 – область подачи топлива.

## 2.1 Выбор структуры автоматической системы регулирования (АСР)

Выбор структуры регулирования объектом автоматизации оказывает значимое влияние на эффективность его работы, стоимость системы регулирования, её надёжности и ремонтпригодности. Система автоматического регулирования может состоять из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы применяется многоуровневая система управления давлением газа в трубопроводе, строящаяся по трехуровневому иерархическому принципу.

Полевой уровень включает в себя показывающие приборы по месту, первичные средства измерения и датчики технологических параметров, исполнительные механизмы и органы местного управления. На нижнем уровне выполняется контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью, преобразование измеренных параметров в унифицированные электрические сигналы, контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров, интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

К среднему уровню относятся щит управления, построенный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые обеспечивают сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд на исполнительные механизмы, и содержащий вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также искробезопасные барьеры и преобразователи. На среднем уровне выполняется сбор и обработка технологической информации, от измерительных преобразователей и датчиков, а также информации по учету и контролю количества и сопутствующих параметров; автоматическое тестирование элементов местной автоматики и контроллеров блоков управления; передача информации на верхний уровень.

На верхнем уровне выполняется сбор и концентрация информации о ходе технологического процесса от нижнего уровня управления; составление оперативных сводных отчетов и справочных документов; внутренняя обработка и хранение информации, формирование базы данных; формирование и передача на полевом уровне сигнала воздействия по поддержанию заданных технологических режимов; диагностики работы технологического оборудования, программных и технических средств системы управления.

Структура управления – является суммой всех частей автоматической системы, на которые она может быть поделена по какому-либо критерию. Также структура управления – это связующее звено для передачи воздействий между частями автоматической системы. При этом стоимость, ремонтпригодность, эффективность функционирования автоматизируемого объекта, а также надежность непосредственно зависят от выбора структуры управления объектом автоматизации [19]. В системах регулирования расхода применяют один из способов изменения расхода:

- байпасирование – переброс избытка вещества из основного трубопровода в обводную линию;
- дросселирование потока вещества через регулирующий орган, установленный на трубопроводе (клапан, шибер, заслонка);
- изменение напора в трубопроводе при помощи регулируемого источника энергии (например, при изменении угла поворота лопастей вентилятора, числа оборотов двигателя насоса).

В данной работе рассматривается дросселирование, которое предполагает управление расходом вещества в трубопроводе при помощи регулирующего органа – задвижки. Данный метод является наиболее распространенным на практике и основывается на частичном перекрытии потока рабочей жидкости.

## 2.2 Разработка функциональной схемы

На функциональной схеме изображают технологическое оборудование и трубопроводы, органы управления, приборы и средства автоматизации, показывают взаимодействие оборудования с элементами автоматики, также связи между элементами автоматизации с помощью условных графических обозначений [19].

Функциональная схема автоматизированной системы регулирования приготовления ОБУТ, разработанная в данном курсовом проекте, представлена на листе ФЮРА.421000.009 С2.

В верхней части чертежа изображена технологическая схема с нумерацией измерительных и управляющих каналов, показывающая местоположение точек контроля, первичных преобразователей. В нижней части чертежа располагаются щит управления и АРМ оператора, изображенные в виде прямоугольников.

Первичный измерительный преобразователь, регулирующие органы и исполнительные механизмы отображены на технологической схеме в виде окружности. От них идут линии связи с номером измерительного или управляющего канала.

Линии связи идут к прямоугольнику с названием «Щит управления», на котором изображен контроллер. От контроллера информация передается в реальном времени на верхний уровень, т.е. на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который следит за технологическим процессом.

Компоненты будущего топлива поступают в смешивающий бак, процесс смешения сопровождается работой перемешивающего устройства и поддержанием положительной температуры состава. По окончании процесса, готовое топливо поступает в емкость-хранилище.

### 2.3 Выбор технических средств и составление спецификации

В данной работе предусмотрено использование следующих измерительных приборов: датчики температуры, уровня, расходомеры и программируемый логический контроллер.

Выбор устройств измерения температуры основывается на нескольких критериях:

- соответствие диапазона измерения выбранного датчика контролируемой температуре;
- соответствие прочности корпуса датчика условиям эксплуатации;
- соответствие необходимой длины соединительного кабеля и длины погружаемой части датчика;
- необходимость взрывозащищенного исполнения при работе на взрывопожароопасных участках.

Для обоснованного выбора первичных преобразователей температуры в работы рассмотрены термометры различных типов и конфигураций.

*Контроль температуры воды и смеси в баке:*

1. Преобразователь термоэлектрический Метран 243 НСХ 50М, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,4 %, диапазона измерения  $-50...180$  °С., с выходным сигналом 4...20 мА

Термоэлектрический преобразователь фирмы Метран – устройство для измерения температуры жидкости и газа, химически неагрессивных веществ, а также агрессивных, но не разрушающих материал защитной арматуры.

2. Термопреобразователь сопротивления ОВЕН ТСМ-50М, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 %, диапазон измерения  $-200...180$  °С., с выходным сигналом 4...20 мА

Датчики температуры ТСМ–50М непрерывно измеряет температуру различной среды, не агрессивной к материалу корпуса. Устройство с медным чувствительным элементом, обладает тремя типами подключения схемы прибора.

3. Термопреобразователь сопротивления ТСПУ - 205, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 %, диапазон измерения 0...300 °С., с выходным сигналом 4...20 мА

Термопреобразователь предназначены для измерения значения температуры различных сред, где материал защитной арматуры может подвергаться коррозии. Чувствительный элемент первичного термопреобразователя находится в головной части датчика [19].

#### *Контроль уровня смеси в баке:*

1. Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 мм, максимальный диапазона измерения 24 м, выходной сигнал 4...20 мА

MicroTrek надежный преобразователь уровня, адаптированный для работы в тяжелых условиях для жидкостей и сыпучих материалов. устройство способно успешно выполнять свои задачи по точным измерениям там, где приборы с иным принципом действия использовать проблематично.

2. Ультразвуковой сигнализатор уровня РИЗУР-900, предел допускаемой основной приведенной погрешности 2 мм, максимальный диапазона измерения 24 м, выходной сигнал 4...20 мА

Сигнализатор ультразвуковой серии РИЗУР-900 предназначен для контроля уровня жидкости в открытой или закрытой емкости в установках промышленного объекта химической, нефтехимической, фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности. Также могут использоваться в

качестве индикатора наличия жидкости в контролируемом объеме на заранее заданной высоте емкости. Контролируемые среды: вода, нефтепродукты, масла и любые другие жидкости.

*Выбор расходомера:*

1. Расходомер - счетчик ультразвуковой US-800. Ду-500мм, класс точности 0,5...2 %. Выход токовый 4...20 мА. Температура измеряемой среды: -40...+150 °С

Расходомер US-800 предназначен для измерения расхода и объема воды, протекающей под напором в трубопроводе диаметром 500 мм. Может работать в комплексе с другими приборами: вычислителями, регуляторами, контроллерами и т.п., в автоматизированных системах сбора данных, контроля и регулирования технологических процессов.

2. Расходомер Метран–360, класс точности 0,5 %. Выход токовый 4...20 мА. Рабочее избыточное давление до 15,8 МПа

Метран–360 измеряет массовый и объемный расход, количество жидкости, газа и передает полученную информацию для работы в системе автоматического контроля, регулирования и управления процессом в различных промышленных отраслях.

*Выбор микропроцессорного контроллера:*

1. Контроллер DVP - 20EX2 для простых применений имеет 4 аналоговых входа, 2 аналоговых выхода и температурные модули со встроенными аппаратными ПИД-регуляторами с разрешением 14 бит. Располагая функцией ПИД-регулирования с автонастройкой, данный контроллер является оптимальным решением для аналогового управления небольшими установками.

2. Микропроцессорный контроллер серии Simatic S7-200 предназначен для управления и регулирования в небольшой системе автоматизации. Характеристики устройства отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики контроллера Simatic S7-200

Наименование параметра	Центральный процессор				
	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Объем памяти программ (EEPROM), КБ (вкл/выкл редактирование в режиме RUN)	4		8 / 12	12 / 16	16 / 24
Объем памяти данных, КБ	2		8	10	
Время выполнения инструкций	0,2 мкс				
Арифметика с плавающей запятой	Поддерживается				
ПИД-регулирование	Поддерживается				
Скоростной счет, кГц	4x30		6x30	4x30 +2x200	6x30
Импульсные выходы, кГц	2x20			2x100	2x20
	только в моделях с транзисторными выходными каскадами				
Количество таймеров / счетчиков / флагов	256/256/256				
Часы	Опциональный картридж		Встроенные		
Время хранения данных при отключении питания без с буферной батареей	50 часов / 200 дней		100 часов / 200 дней		
Кол-во встроенных портов RS 485	1			2	
Кол-во встроенных входов-выходов	6 DI + 4 DO	8 DI + 6 DO	14 DI + 10 DO	14 DI + 10 DO 2 AI + 1 AO	24 DI + 16 DO
Кол-во модулей расширения, не более	–	2	7		
Выходной ток встроенного блока питания	180 мА		280 мА		400 мА

3. ОВЕН ПЛК63 – контроллер с НМІ для локальных систем автоматизации. Область применения ОВЕН ПЛК63 – небольшие установки.

Таблица 4 – Основные технические характеристики контроллера ПЛК63 ОВЕН

Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Объем оперативной памяти	10 кб
Объем памяти хранения программ	280 кб
Объем памяти ввода/вывода	600 байт - для ПЛК63-М 360 байт - для ПЛК63-L
Объем энергонезависимой памяти	448 кбайт (Flash-память)
Конструктивное исполнение	крепление на DIN-рейку
Степень защиты корпуса по ГОСТ14254–96	IP20
Интерфейсы	RS-485, DEBUG RS-232 (RJ-11)
Протокол	ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay
Количество универсальных аналоговых входов	8
Количество дискретных входов	8
Количество выходных элементов	6
Тип выходного элемента 1	э/м реле 4 А 220 В
Расширение количества дискретных выходов	до 8 (модуль MP1 по внутренней шине)

Для данной работы выбран контроллер ПЛК63 ОВЕН, который обеспечивает сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд регулирования на исполнительные механизмы. К нему необходимо дополнительно модуль аналогового ввода MB110-224, 8А. Такой выбор обусловлено тем, что это устройство позволяет подключать достаточное количество входов-выходов.

Контроль параметров предусмотрен с использованием следующих технических средств, которые удовлетворяют предъявленным требованиям к данной системе по диапазону измерения, точности измерения, классу защиты:

- 1) местный контроль температуры воды и смеси в баке – преобразователь термоэлектрический Метран 243 НСХ 50М, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,4 %, диапазона измерения -50...180 °С, с выходным сигналом 4...20 мА;
- 2) местный контроль расхода – расходомер-счетчик ультразвуковой US-800. Ду-500мм, класс т. 0,5...2 %. Выход токовый 4...20 мА. Температура измеряемой среды: -40...+150 °С;
- 3) местный контроль уровня в баке – Рефлексный микроволновый уровнемер MicroTrek, предел допускаемой основной приведенной погрешности 0,5 мм, максимальный диапазона измерения 24 м, выходной сигнал 4...20 мА;
- 4) средний уровень проектируемой системы выполнен с использованием ПЛК63 ОВЕН, который обеспечивает сбор информации, поступающей с датчиков технологических параметров и формирование команд регулирования на исполнительные механизмы. К нему необходимо дополнительно модуль аналогового ввода MB110-224, 8А.

Технический документ, в котором отражены все необходимые сведения о приборах и технических средствах автоматизации называется спецификацией [19].

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации системы регулирования представлена на ФЮРА.421000.009.3С.

## 2.4 Разработка монтажной схемы

На схемах внешних электрических и трубных проводок изображают расположенные и установленные вне щита электрические провода, кабели, импульсные, командные, питающие, защитные коробки, лотки, трубы и металлические рукава с указанием их номера, марки и длины. На чертежах таких схем изображают условными обозначают [19]:

- первичные преобразователи, устройства, встроенные в технологическое оборудование и трубопроводы;
- приборы и средства автоматизации, установленные вне щита и пульта;
- щиты, пульты и т.п.;
- дополнительные устройства (соединительные и протяжные коробки, фитинги, коробки свободных концов термопар и т.п.);
- устройства заземления щита, приборов и других токоприемников.

Монтажная схема соединений внешних проводок проектируемой системы представлена на ФЮРА.421000.009.Э7.

В верхней части схемы расположена таблица с условными обозначениями измеряемых параметров, измеряемой среды, мест установки и позиционного обозначения измерительных приборов. Ниже расположены условно изображенные датчики, от которых отходят кабели, обозначенные на чертеже линиями, прописано название кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, обозначающим шкаф автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков. В правой части чертежа расположены устройства и механизмы, предназначенные непосредственно для регулирования технологического параметра, путем подачи на них дискретных сигналов. Также проведены линии до шкафа автоматизации, обозначающие кабели, прописаны их характеристики.

Для электропроводок систем автоматизации используются изолированные провода и кабели с алюминиевыми или медными жилами. В цепях питания, управления, измерения, сигнализации и т.п. (в том числе в цепях телемеханических устройств) допускается применять провода и кабели с медными жилами.

Для прокладки в пластмассовых и стальных защитных трубах (в металлических рукавах) должны применяться провода с сечением медных жил не менее  $1 \text{ мм}^2$ , алюминиевых -  $2 \text{ мм}^2$ , обладающих достаточной механической прочностью, для выполнения затяжки этих проводов в трубы.

Помимо требований к материалу проводников и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей необходимо особое внимание уделять соответствию их техническим данным и условиям окружающей среды. Крайне важно, чтобы изоляция, защитные оболочки и наружные покрытия проводов и кабелей отвечали всем необходимым условиям окружающей среды и принятому способу выполнения электропроводки. При выборе проводов и кабелей необходимо учитывать резерв жил.

## 2.5 Выбор исполнительного механизма

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

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

Выбор типа исполнительного механизма (однооборотный – МЭО, прямоходный постоянной скорости – МЭП и т.д.) основывается на определенном типе трубопроводной арматуры. В данной работе будет использоваться запорно-регулирующий кран, с управлением интенсивности потока, либо надежно перекрытия его, также будет использован запорный клапан, для прекращения потока вещества. Следовательно, подходящий тип – МЭО и МЭП.

Исполнительный механизм выбирается не только в зависимости от регулирующего органа, но и от крутящего момента.

Максимальный крутящий момент МЭО вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 6,89 \cdot 80 - 338 = 213,2 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $D_y$  - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе исполнительного механизма типа МЭО необходимо выполнить условие  $M_H > M_{max}$ , поэтому из каталога завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» выберем механизм электроисполнительный однооборотный с номинальным значением момента на выходном валу 250 Н·м, номинальное значение времени полного хода 25 с, в составе с индуктивным блоком сигнализации положения выходного вала. Тип МЭО–250/25–0,25-Р-99.

Максимальное усилие на штоке МЭП вычисляется по формуле:

$$F_{max} = 17 \cdot D_y - 485 = 6.89 \cdot 80 - 485 = 8015 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $D_y$  - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе исполнительного механизма типа МЭП необходимо выполнять условие  $F_H > F_{max}$ , поэтому обратимся к каталогу завода-изготовителя «АБС ЗЭиМ Автоматизация» для выбора механизма электроисполнительного прямоходного с номинальным значением усилия на штоке 25000 Н, номинальным значением времени полного хода 60 с, номинальным значением полного хода 30 мм. Тип МЭП-25000/60-30Р-99.

### 3. Разработка принципиальной электрической схемы щита управления

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемый в составе системы регулирования приготовления ОБУТ отражает принципиальная электрическая схема.

Схема определяет конструктивное выполнение электрических соединений элементов в изделии. Изображаются на схеме входящие устройства и элементы, а также соединения между ними. Устройства изображаются в виде прямоугольников, элементы – в виде условных графических изображений, установленных в ЕСКД. Около условных графических обозначений устройств и элементов указывают обозначение их позиции, присвоенные им на принципиальной схеме. На схеме необходимо указать обозначение выводов (контактов) элементов, нанесенные на изделие или установленные в документации изделия. Проводам, жгутам, кабелям на схеме присваиваются порядковые номера.

Схема соединений представлена на ФЮРА.421000.009.Э4.

### 3.1 Разработка перечня элементов щита управления

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

Шкаф автоматизации питается от однофазной цепи переменного тока с напряжением 220 В. Для обеспечения электробезопасной работы оборудования в щит устанавливаются автоматические выключатели (QF1, QF2). Блок бесперебойного питания EF UPS 1AC/24 DC-4 (G1) необходим для преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В. Контроллер (A1) и вторичные измерительные разделительные преобразователи ET 422 (UY1-UY6), расположенные в шкафу, питаются через блоки бесперебойного питания 24 В. В шкафу установлена розетка (XS1) на ~220 В для удобства обслуживания оборудования.

Перечень элементов, находящихся в схеме, приведен на ФЮРА.421000.009.ПЭ4.

### 3.2 Разработка общего вида щита управления

Чертеж общего вида шкафа (щита) управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и взаимодействие его частей. Общий вид шкафа представлен на листе ФЮРА.42100.009. ВО.

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

## 4. Расчет параметров настройки регулятора

### 4.1 Идентификация объекта управления

Идентификация предназначена для получения математических моделей объекта управления. Существует активная и пассивная идентификация, в инженерной практике применяют активную (на объект подается специализированное входное воздействие и по реакции объекта при обработке результатов получают математическую модель).

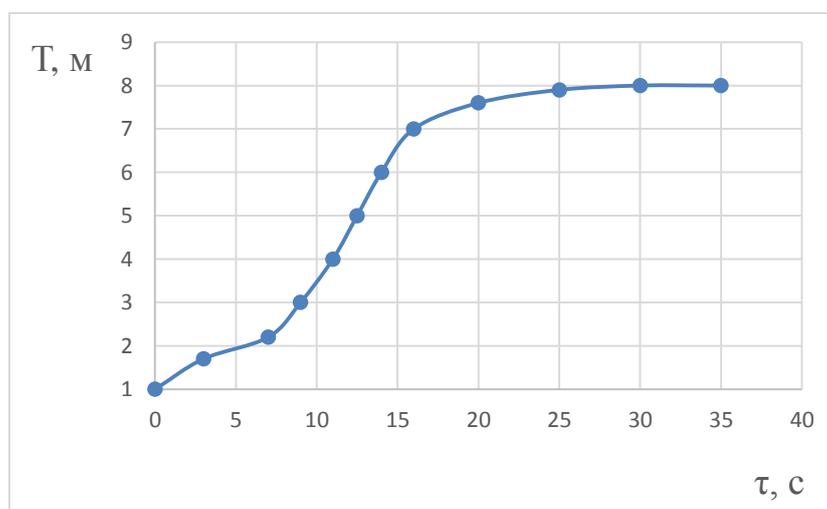


Рисунок 3 – Кривая разгона объекта управления, где  $\tau$  – время,  $T$  – уровень в баке

На полученной переходной характеристике определяем динамические параметры объекта, такие как: постоянная времени  $T$ ; запаздывание  $t$ , коэффициент передачи  $K$ .

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

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

где  $k$  – коэффициент усиления;

$P$  – оператор Лапласа;

$\tau$  – время запаздывания;

$T$  – постоянная времени.

Решение уравнения 1 при нулевых начальных условиях представляет собой:

$$\begin{cases} h(t) = 0 & 0 \leq t \leq \tau, \\ h(t) = h(\infty) \left[ 1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right] & t > \tau. \end{cases} \quad (2)$$

Получаем два неизвестных значения времени запаздывания  $\tau$  и постоянную времени  $T$ .

Получаем два неизвестных значения время запаздывания  $\tau$  и постоянную времени  $T$ . Коэффициент усиления  $k = \frac{h(T_y)}{A}$ , где  $A$  - выходное воздействие; при единичном воздействии  $k = h(T_y)$ . Время чистого запаздывания заранее выделяется из  $h(t)$ . На кривой разгона строим две точки А и Б. Точка А определяется как  $0,33 k$ , а точка Б имеет ординату  $0,7 k$  [20].

Постоянная времени  $T$  и время запаздывания  $\tau$  определяются по формулам:

$$T = -\frac{t_A - \tau}{\ln(1-h_A)}, \quad (3)$$

$$\tau = \frac{t_B \ln(1-h_A) - t_A \ln(1-h_B)}{\ln(1-h_A) - \ln(1-h_B)}, \quad (4)$$

где  $t_A$  и  $t_B$  – значение времени при соответствующих точках на кривой;

$h_A$  и  $h_B$  – значение ординат при точках А и Б.

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

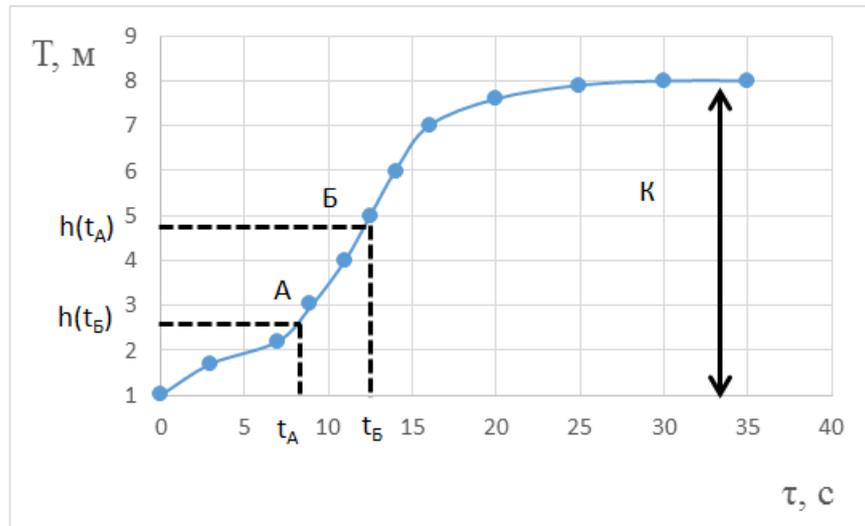


Рисунок 4 – Определение точек на кривой разгона для расчета параметров регулятора где  $\tau$  – время,  $T$  – уровень

Для наглядности и точности производится аппроксимация кривой по методу Орманна. Определяется время  $t_B$  по нормированной переходной функции  $H(t)$ , которое является корнем уравнения  $h(t_B)$  и время  $t_A$  и  $h(t_A)$  [20]. Затем вычисляются постоянная времени  $T$  и время запаздывания  $\tau$ :

$$\tau = 0,4(3t_A - t_B), \quad (5)$$

$$T = \frac{t_B - \tau}{0,1} = 10(t_B - t_A). \quad (6)$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,4(3 \cdot 8 - 13) = 4,95 \text{ с}, \quad (7)$$

$$T = 10(13 - 8) = 50 \text{ с}. \quad (8)$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{7}{(50P+1)} e^{-5P}. \quad (9)$$

## 4.2 Расчет параметров настройки регулятора

Структурная схема системы регулирования изображена на рисунке 5.

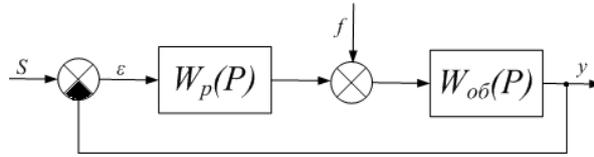


Рисунок 5 – Структурная схема системы регулирования

Для расчётов и построения границы заданного запаса устойчивости АСР с ПИ-регулятором, воспользуемся корневым методом параметрического синтеза систем автоматического регулирования с применением расширенных амплитудно-фазовых частотных характеристик (РАФЧХ).

Требования к запасу устойчивости системы, на основе исходных данных для системы регулирования: степень затухания переходного процесса в системе  $\psi = 0,75$ .

Зависимость между степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования  $\psi$  и степенью колебательности переходных процессов в заданной системе регулирования  $m$ , можно определить значение заданной степени колебательности  $m$  по формуле [20]:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = 0.221 \quad (10)$$

где  $\psi$  - степенью затухания переходных процессов в заданной системе регулирования.

Передаточная функция объекта регулирования определяется по формуле:

$$W_{об}(P) = \frac{K}{\prod_{i=1}^n (T_i \cdot P + 1)} \cdot e^{-P \cdot \tau} \quad (11)$$

где  $P$  – оператор Лапласа.

Если порядок объекта  $n=2$ , то выражение примет вид:

$$W_{об}(P) = \frac{K \cdot e^{-P\tau}}{(T_1 \cdot P + 1) \cdot (T_2 \cdot P + 1)} \quad (12)$$

По исходным данным определяем значения неизвестных параметров:  $K = 7$ ,  $\tau = 5$ ,  $T_1 = 50$ ,  $T_2 = 25$ . После подстановки значений в приведенные выше параметры получим окончательное выражение для передаточной функции объекта регулирования:

$$W_{об}(P) = \frac{7 \cdot e^{-5P}}{(50P + 1) \cdot (25P + 1)} \quad (13)$$

Определим расширенные частотные характеристики объекта регулирования. Расширенные частотные характеристики какого-либо звена можно получить подстановкой в передаточную функцию этого звена  $W(P)$  оператора  $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$  или  $p = -\eta + i \cdot \omega$ , в выражениях для оператора Лапласа  $\omega$  – частота,  $c^{-1}$ . В случае первой подстановки расчётные формулы метода обеспечивают получение границы заданной степени колебательности системы  $m$ , а во второй – определение границы заданной степени устойчивости системы  $\eta$  в пространстве параметров настройки регулятора.

Заменим в формуле (13) оператор  $p = -m \cdot \omega + i \cdot \omega$ , в результате получаем выражение для РАФЧХ объекта регулирования:

$$W_{об}(m, i \cdot \omega) = \frac{7 \cdot e^{-5 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega)}}{(50 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1) \cdot (25 \cdot (-m \cdot \omega + i \cdot \omega) + 1)} \quad (14)$$

Используя программу MathCad, предварительно задав начальное значение частоты  $\omega = 0 \text{ c}^{-1}$  и шаг по частоте  $\Delta\omega = 0.005 \text{ c}^{-1}$ , рассчитываем расширенные частотные характеристики объекта при изменении частоты до  $\omega = 0,10 \text{ c}^{-1}$ .

Расширенная вещественная частотная характеристика (РВЧХ):

$$\operatorname{Re}_{o\sigma}(m, \omega) = \operatorname{Re}(W_{o\sigma}(m, i\omega)) \quad (15)$$

Расширенная мнимая частотная характеристика (РМЧХ):

$$\operatorname{Im}_{o\sigma}(m, \omega) = \operatorname{Im}(W_{o\sigma}(m, i\omega)) \quad (16)$$

Расширенная амплитудно-частотная характеристика (РАЧХ)

$$A_{o\sigma}(m, \omega) = \sqrt{\operatorname{Re}_{o\sigma}^2(m, \omega) + \operatorname{Im}_{o\sigma}^2(m, \omega)} \quad (17)$$

Расширенная фазо-частотная характеристика (РФЧХ):

$$\varphi_{o\sigma}(m, \omega) = \arctan\left(\frac{\operatorname{Im}_{o\sigma}(m, \omega)}{\operatorname{Re}_{o\sigma}(m, \omega)}\right) \quad (18)$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 5.

Таблица 5 – Расширенные частотные характеристики объекта регулирования

частота $\omega$ , с <sup>-1</sup>	$Re_{oo}(m, \omega)$	$Im_{oo}(m, \omega)$	$A_{oo}(m, \omega)$	$\Phi_{oo}(m, \omega)$ , рад
0	1.2	0	1.2	0
0,005	1.15427	-0.504	1.259	-0.412
0,01	0.82938	-0.89	1.217	-0.821
0,015	0.40243	-1.021	1.098	-1.195
0,02	0.04713	-0.947	0.948	-1.521
0,025	-0.18099	-0.782	0.802	1.343
0,03	-0.30074	-0.602	0.673	1.108
0,035	-0.34832	-0.445	0.565	0.907
0,04	-0.35385	-0.319	0.477	0.734
0,045	-0.33741	-0.223	0.404	0.584
0,05	-0.31099	-0.151	0.346	0.452
0,055	-0.28127	-0.098	0.298	0.335
0,06	-0.25177	-0.059	0.259	0.231
0,065	-0.22414	-0.031	0.226	0.137
0,07	-0.19908	-0.01	0.199	0.052
0,075	-0.17673	0,0047	0.177	-0.027
0,08	-0.157	0.016	0.158	-0.099
0,085	-0.13965	0.023	0.142	-0.166
0,09	-0.12443	0.029	0.128	-0.229
0,095	-0.11107	0.033	0.116	-0.288
0,10	-0.09934	0.036	0.106	-0.344

Расчётные формулы корневого метода для ПИ - регулятора имеют вид:

$$\frac{K_p}{T_u} = -\frac{\omega \cdot (m^2 + 1) \cdot Im_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)} \quad (19)$$

$$K_p = -\frac{m \cdot Im_{oo}(m, \omega) + Re_{oo}(m, \omega)}{A_{oo}^2(m, \omega)} \quad (20)$$

где  $K_p$  - коэффициент передачи ПИ - регулятора,  $T_u$  - постоянная интегрирования ПИ - регулятора.

Зададим диапазон изменения частоты  $\omega = 0 \div 0,20$  с<sup>-1</sup> с шагом  $\Delta\omega = 0,01$  с<sup>-1</sup>, определим настройки регулятора  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$  в заданном диапазоне частот. Результаты расчётов сведём в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчёта настройки ПИ - регулятора

частота $\omega$ , $c^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	$K_p$
0	0	-0.83
0,01	0.00631	-0.43
0,02	0.02209	0.18
0,03	0.04181	0.96
0,04	0.05897	1.87
<b>0,05</b>	<b>0.06625</b>	<b>2.88</b>
0,06	0.05573	3.96
0,07	0.01903	5.07
0,08	-0.05253	6.17
0,09	-0.16768	7.23
0,10	-0.33512	8.22
0,11	-0.56327	9.09
0,12	-0.86016	9.83
0,13	-1.23325	10.39
0,14	-1.68926	10.75
0,15	-2.23405	10.88
0,16	-2.87252	10.76
0,17	-3.60839	10.35
0,18	-4.44421	9.64
0,19	-5.38117	8.61
0,20	-6.41906	7.25

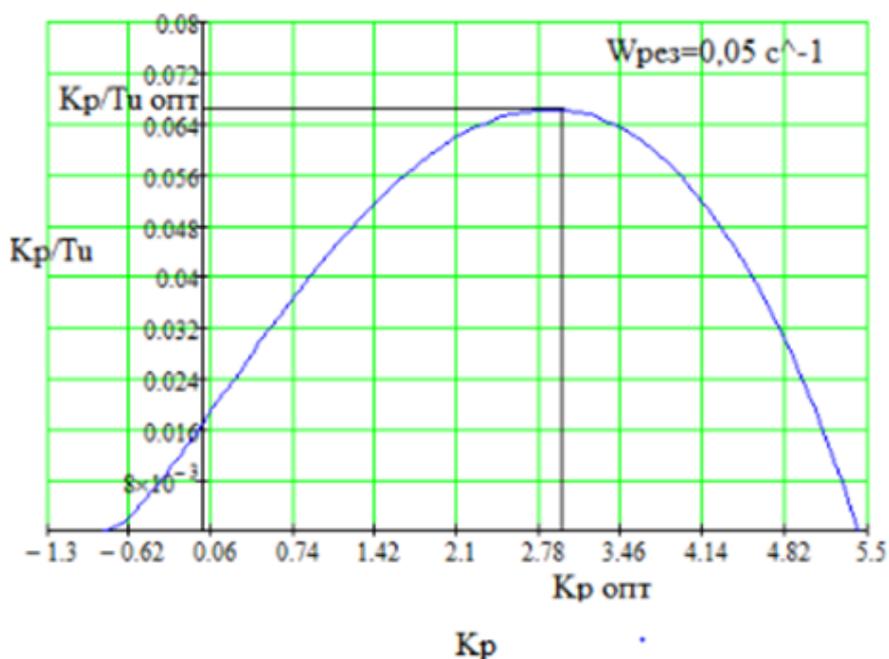


Рисунок 6 – Параметры настройки ПИ - регулятора

Полученная кривая является линией заданной степени затухания  $\psi = \psi_{зад} = 0,75$  процесса регулирования, что соответствует степени колебательности  $m = 0,221$ . исходя из этого, все значения  $\frac{K_p}{T_u}$  и  $K_p$ , лежащие на этой кривой, обеспечивают ту или иную степень затухания.

Поиск оптимальных параметров настройки регулятора осуществляется вдоль границы заданного запаса устойчивости системы регулирования, представленной на рисунке 6, до достижения экстремума принятого критерия качества. Критерий качества определяем по второму интегральному критерию.

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

$$I_2 = \int_0^{\infty} x^2 dt \quad (21)$$

Минимуму данной интегральной оценки соответствует точка  $0,95 \max \frac{K_p}{T_u}$  на линии заданного запаса устойчивости в сторону большего значения частоты [19].

Используя данные из таблицы 4 и рисунка 6, определяем значение  $\max \left( \frac{K_p}{T_u} \right) = 0,06625$ , для определения оптимальных параметров настройки ПИ – регулятора:

$0,95 \cdot \max \left( \frac{K_p}{T_u} \right) = 0,95 \cdot 0,06625 = 0,0629375$ , из рисунка 6 определяем соответствующие параметры настройки:

$$K_p = 2,881 \text{ и } \frac{K_p}{T_u} = 0,0629375.$$

Резонансная частота замкнутой системы  $\omega_{рез} = 0,05 \text{ с}^{-1}$ .

Определим постоянную интегрирования:

$$T_u = \frac{K_p}{\frac{K_p}{T_u}} = \frac{2.881}{0,0629375} = 45.78 \text{ с.}$$

Запишем передаточную функцию:

$$W_{s-y} = \frac{W_{об}(P) \cdot W_p(P)}{1 + W_{об}(P) \cdot W_p(P)}, \quad (22)$$

где  $W_{об}(P)$  - передаточная функция объекта,

$W_p(P)$  - передаточная функция регулятора.

Используя программный комплекс MathCad, задав диапазон изменения частоты  $\omega = 0 \div 0,50 \text{ с}^{-1}$  с шагом  $\Delta\omega = 0,01 \text{ с}^{-1}$ , определим вещественную частотную характеристику замкнутой АСР при регулирующем воздействии:  $Re_{з.с.}(\omega)$ . Результаты расчёта представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты расчета вещественно частотной характеристики замкнутой системы

частота $\omega$ , $\text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{3.C.}(\omega)$
0	1
0,02	1.1090182
0,04	1.146512
<b>0.05</b>	<b>-0.2834943</b>
0,06	-1.2229228
0,08	-0.6338142
0,10	-0.339866
0,12	-0.2070182
0,14	-0.1358066
0,16	-0.0930121
0,18	-0.0652376
0,20	-0.0462061
0,22	-0.0326385
0,24	-0.022677
0,26	-0.0152005
0,28	-0.0094978
0,30	-0.0050989
0,32	-0.0016819
0,34	0.0009796
0,36	0.0030497
0,38	0.0046494
0,40	0.0058702
0,42	0.0067825
0,44	0.0074411
0,46	0.0078897
0,48	0.0081636
0,50	0.0082913

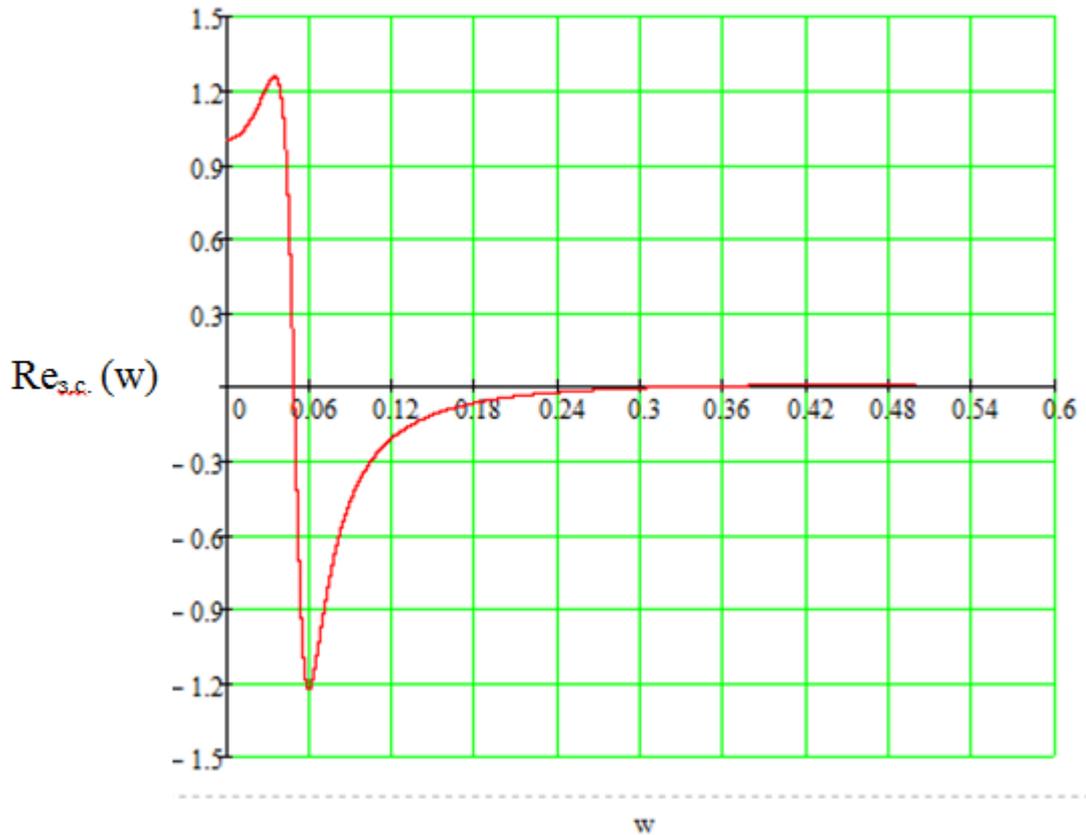


Рисунок 7 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Расчет переходного процесса по каналу задающего воздействия осуществляется по формуле:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,05} \frac{\text{Re}_{з.с.}(\omega)}{\omega} \cdot (\sin(\omega \cdot t)) \cdot d\omega, \quad (23)$$

где 0,05 частота среза, определенная на рисунке 7, при которой график  $\text{Re}(\omega)$  стремится к 0.

На рисунке 8 показан переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия.

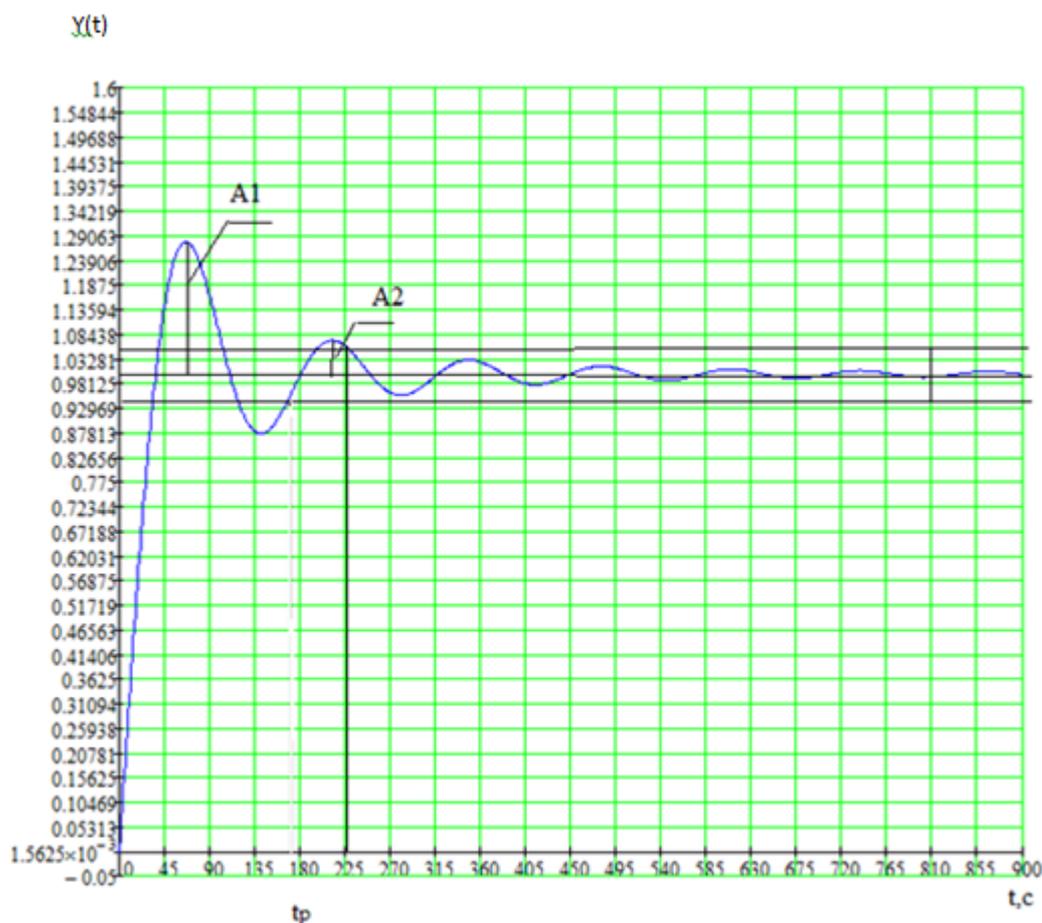


Рисунок 8 – Переходный процесс в системе по каналу задающего воздействия

Под качеством регулирования понимают совокупность показателей или критериев, позволяющих оценить характер отклонения регулируемой величины под действием изменяющихся возмущений, также позволяющих судить о том, насколько система удовлетворяет поставленным требованиям при конкретно заданных ограничениях.

Используя данные рисунка 8, оценим качество переходного процесса в замкнутой АСР.

Прямые оценки качества:

1. Максимальная динамическая ошибка:  $A_1=0,277$ ;

2. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{A_1}{y(\infty)} \cdot 100\% = \frac{0,277}{1} \cdot 100\% = 27,7\%$ ,

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

3. Степень затухания переходного процесса: 
$$\psi = 1 - \frac{A_2}{A_1} = 1 - \frac{0,071}{0,277} = 0,744$$

где  $A_2 = 0,071$  - второй максимальный выброс регулируемой величины;

4. Статическая ошибка:  $\varepsilon_{CT} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0$

где  $S$  – сигнал регулирующего воздействия  $1(t)$ ;

5. Время регулирования: при величине  $\delta = 0,05 \cdot y(\infty) = 0,05$   $tp = 225c$ .

## 5. Мнемосхема проекта

Мнемосхемой – является графическое изображение схемы автоматизации управляемого или контролируемого объекта. Схема может описывать технологический процесс программного управления. Мнемосхема предназначена для работы оператора с производственным процессом, по ходу управления мнемосхема передает информацию о текущем состоянии системы и о состоянии протекающих в ней процессах. К мнемосхеме предъявляют требования, установленные организацией-заказчиком.

В соответствие с общими требованиями была разработана мнемосхема процесса приготовления ОБУТ, которая приведена на рисунке 9. На данной схеме условно показана емкость для смешивания компонентов, в которой установлены датчики температуры, уровня, измеряющие уровень и температуру топлива, также на схеме отображается расход топлива.

На данной схеме задается оператором процентное соотношение компонентов, после чего следует запуск системы приготовления ОБУТ. Данная система также оборудована сигнализаторами, которые по ходу процесса оповещают оператора о этапах работы (начало работы, заполнении емкости и ее опустошении).

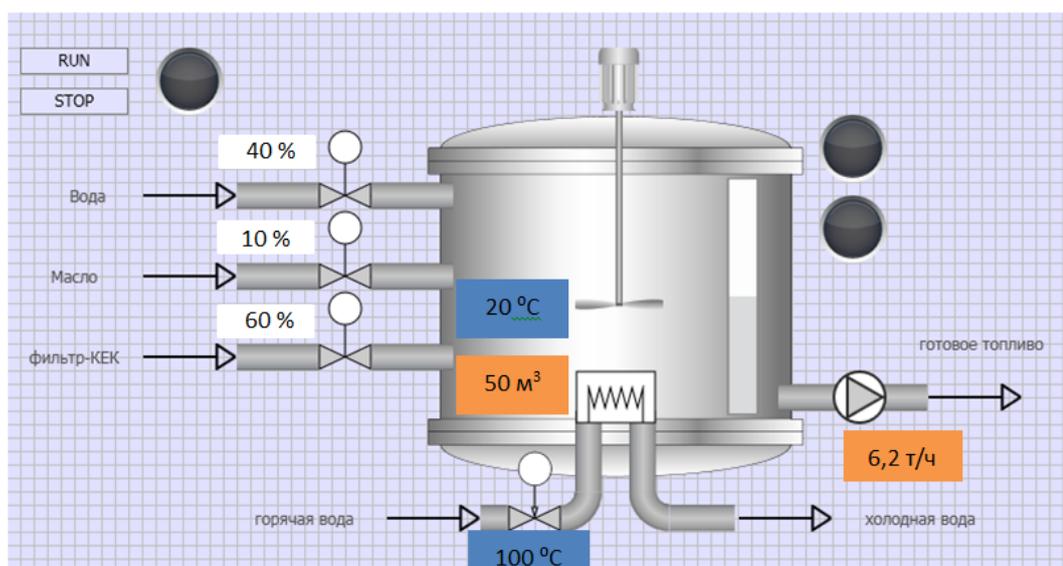


Рисунок 9 – Мнемосхема процесса приготовления ОБУТ

## 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Таблица 8.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Время выполнения (дни)
Получение задания на выполнение ВКР	Инженер	1
Изучение материалов в данной тематике	Инженер	5
Экспериментальные исследования, направленные на изучение свойств органоводоугольных суспензий	Инженер	30
Анализ результатов исследований	Инженер	3
Разработка схемы автоматизации и структурной схемы, выбор оборудования	Инженер	7
Разработка щита управления АСУ	Инженер	7
Разработка схемы взаимодействия уровней управления	Инженер	2
Проектирование мнемосхемы	Инженер	5
Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	5
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	5
Оформление пояснительной записки к ВКР	Инженер	7
Консультации	Научный руководитель	14
Итог	Научный руководитель	14
	Инженер	77

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (24)$$

где  $t_{\min}$  – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{prob}$  – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (25)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ( $K_{Д} = 1-1,2$ ; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (26)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (27)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 10$ ).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

Таблица 8.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		$t_{min}$	$t_{max}$	$t_{ож}$	$T_{РД}$		$T_{КД}$	
					НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Получение задания на выполнение ВКР	И	1	2	1,4	–	1,4	–	1,68
Изучение материалов в данной тематике	И	3	7	4,6	–	4,6	–	5,54
Экспериментальные исследования, направленные на изучение свойств органоводоугольных суспензий	И	20	40	28	–	28	–	33,729
Анализ результатов исследований	И	2	5	3,2	–	3,2	–	3,854
Разработка схемы автоматизации и структурной схемы, выбор оборудования	И	5	10	7	–	7	–	8,433
Разработка щита управления АСУ	И	5	10	7	–	7	–	8,433
Разработка схемы взаимодействия уровней управления	И	1	3	1,8	–	1,8	–	2,16

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Проектирование мнемосхемы	И	3	7	4,6	–	4,6	–	5,54
Написание раздела «Социальная ответственность»	И	3	7	4,6	–	4,6	–	5,54
Оформление графического материала	И	3	7	4,6	–	4,6	–	5,54
Оформление пояснительной записки к ВКР	И	5	10	7	–	7	–	8,43
Консультации		10	18	13,2	13,2	–	15,9	–
<b>Итого:</b>				<b>87</b>	<b>13,2</b>	<b>73,8</b>	<b>15,9</b>	<b>88,9</b>

Таблица 8.3 – Линейный график работ

Этап	НР	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	–	1,68	■										
2	–	5,54	■										
3	–	33,729		■	■	■	■						
4	–	3,854					■						
5	–	8,433					■	■					
6	–	8,433						■	■				
7	–	2,16							■				
8	–	5,54								■			
9	–	5,54									■		
10	–	5,54										■	
11	–	8,43											■
12	15,9	–											■

НР – ■ И – ■

## 6.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

## 6.2 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н.

транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 ÷ 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах. Пример смотреть в таблице 8.4

Таблица 8.4 – *Расчет затрат на материалы*

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	150	1 уп.	150
Картридж для принтера	700	1 шт.	700
<b>Итого:</b>			<b>850</b>

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 850 * 1,05 = 892,5$  руб.

### 6.3 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Величины месячных окладов (МО) для сотрудников ТПУ можно получить на его портале (*Главная → Структура ТПУ → Управление первого проректора → Планово-финансовый отдел → Регламентирующие документы*) или из приложения 1. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику. При отсутствии такового берется оклад инженера собственной кафедры (лаборатории).

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \text{МО} / 25,083, \quad (28)$$

учитывающей, что в году 301 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 25,083 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8.5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 8.2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{ГР} = 1,1$ ;  $K_{доп.ЗП} = 1,188$ ;  $K_p = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{и} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{доп.ЗП}$  применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае  $K_{и} = 1,62$ .

Таблица 8.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	49664	1986,56	16	1,699	54002,65
И	15 470	616,75	89	1,62	88923,05
Итого:					142925,65

#### 6.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.  $C_{соц.} = C_{зп} \cdot 0,3$ . Итак, в нашем случае  $C_{соц.} = 142925,65 \cdot 0,3 = 42877,69$  руб.

## 6.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{Э}} \quad (29)$$

где  $P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{Э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час.

Для ТПУ  $\text{Ц}_{\text{Э}} = 5,748$  руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (30)$$

где  $K_t \leq 1$  – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к  $T_{\text{рд}}$ , определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение  $t_{\text{об}}$  путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C \quad (31)$$

где  $P_{\text{ном.}}$  – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$  – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности  $K_C = 1$ .

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{Об}}$ , час	Потребляемая мощность $P_{\text{Об}}$ , кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{Об}}$ , руб.
Персональный компьютер	590*0,8	0,7	1899,14
Струйный принтер	2	0,1	1,15
Муфельная печь	30	3	517,32
Видеокамера	30	0,5	86,22
<b>Итого:</b>			2503,83

### 6.6 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{N_{\text{А}} \cdot C_{\text{Об}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_{\text{Д}}}, \quad (32)$$

где  $N_{\text{А}}$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{\text{Об}}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

$F_{\text{Д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку  $C_{\text{АМ}}$ . Например, для ПК в 2015 г. (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять  $F_{\text{Д}} = 298 \cdot 8 = 2384$  часа;

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для определения  $N_A$  следует обратиться к приложению 1, содержащему фрагменты из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования  $\equiv SA$ . Например, для ПК это  $2 \div 3$  года. Необходимо задать конкретное значение  $SA$  из указанного интервала, например, 2,5 года. Далее определяется  $N_A$  как величина обратная  $SA$ , в данном случае это  $1 : 2,5 = 0,4$ .

$$\begin{aligned} C_{AM} &= \frac{N_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_d} \\ &= \frac{0,4 * 40000 * 712 * 1}{2384} + \frac{0,4 * 2500 * 2 * 1}{2384} \\ &+ \frac{0,25 * 85000 * 40 * 1}{2384} + \frac{0,1 * 300000 * 40 * 1}{2384} = 5638,85 \text{ руб.} \end{aligned}$$

### 6.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нп}) \cdot 0,1 \quad (33)$$

Для нашего примера это

$$\begin{aligned} C_{проч.} &= (892,5 + 42887,69 + 142925,65 + 2503,83 + 5638,85 + 1680) \cdot 0,1 = \\ &= 20202,45 \text{ руб.} \end{aligned}$$

## 6.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Макет демонстрационной модели принципов КТ»

Таблица 8.7 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	892,5
Основная заработная плата	$C_{\text{зн}}$	142925,65
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	42887,69
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	2291,84
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	4730,89
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	1680
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	20202,45
<b>Итого:</b>		<b>215611,02</b>

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 215611,02$  руб.

## 6.9 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере 5 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 43200,74 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

## 6.10 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это  $(215611,02 + 43200,74) \cdot 0,2 = 258811,76 \cdot 0,2 = 51762,352$  руб.

## 6.11 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 215611,02 + 43200,74 + 51762,352 = 310574,112 \text{ руб.}$$

## 6.12 Определение экономического эффекта проекта

Экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = I_{\text{до}} - I_{\text{после}}, \quad (34)$$

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

$I_{\text{после}}$  – издержки производства тепловой энергии при использовании ОВУТ.

$$I_{\text{до}} = V \cdot C, \quad (35)$$

$$I_{\text{после}} = V \cdot C, \quad (36)$$

где  $V$  – расход топлива;

$C$  – цена топлива за кг.

Для котла ПТВМ-50 годовой расход топлива составляет 50 370 т. При переходе на органоводоугольное топливо, расход составляет 70518 т. в год, увеличение расхода связано с меньшей теплотворной способностью топлива. Цена одной тонны мазута М-100 составляет 18000 руб., а ОВУТ 7500 руб.

$$I_{\text{до}} = 50370 \cdot 18000 = 906\,660\,000 \text{ рублей в год,}$$

$$I_{\text{после}} = 70518 \cdot 7500 = 52885000 \text{ рублей в год,}$$

$$\mathcal{E} = 906\,660\,000 - 52885000 = 383755000 \text{ рублей в год.}$$

В данном разделе определен потенциальный экономический эффект разработки. Данная оценка носит лишь приблизительный характер, так как учитывает существующей инфраструктуры котельных агрегатов. Для более точного определения экономического эффекта, необходимо проведение дополнительных исследований на реальных станциях или котельных.

Оценка экономической эффективности невозможно из-за отсутствия данных о капиталовложениях, необходимых для внедрения разработки в производство.

## 7 Социальная ответственность

### 7.1 Введение

Данный раздел рассматривает, разработанные в результате работы решения, с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экологические, экономические негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате их внедрения.

Тема выпускной квалификационной работы «Автоматическая система приготовления органоводоугольных топлив». В результате выполнения работы будут рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, действующие на инженера-проектировщика в лаборатории, в которой производятся исследования с использованием всережимного моделирующего комплекса, а также будет рассмотрена безопасность в чрезвычайных ситуациях и экологическая безопасность.

Рассматриваемое рабочее место инженера-проектировщика находится в офисном помещении. Вся работа по необходимым исследованиям производится на персональном компьютере.

В процессе исследований инженер-проектировщик подвергается воздействию комплекса различных факторов среды, которые влияют на его здоровье. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда.

## 7.2 Производственная безопасность

### 7.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Таблица 9.1 – Выявленные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ	Нормативные документы
	Разработка	
	+	
Повышение уровня шума на рабочем месте	+	Параметры уровня шума устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562 –96 [21]
Нарушение микроклимата рабочей зоны	+	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96[23]
Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	Параметры уровня электромагнитного излучения устанавливаются ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ [26]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	Параметры естественного и искусственного освещения определяются СНиП 23-05 – 95 [27]
Опасность поражения электрическим током	+	
Опасность возникновения возгораний и пожаров	+	

### 7.2.2 Анализ вредных и опасных факторов

#### *Шум*

Шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Он создается работающим оборудованием, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне.

Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха. Шум с уровнем звукового давления до 30...35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40...70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Последствия шума – головная боль, быстрая утомляемость, бессонница или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и т.д.

При выполнении основной работы уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [21].

Таблица 9.2 – Допустимые уровни шума (ГОСТ 12.1.003-2014)

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ	99	92	86	83	80	78	76	74	50

### *Микроклимат*

Находясь на рабочем месте в производственном помещении человек подвержен влиянию определённых метеоусловий, или микроклимату рабочих помещений. Окружающая среда влияет на состояние организма. Основными параметрами производственного микроклимата являются действующими на организм человека температура окружающей среды, влажность и скорость потока воздуха, а также температура окружающих поверхностей.

Работа на ПК в офисном помещении относится к классу легких работ. Для данного типа работ допустимые величины микроклиматы должны обеспечиваться при следующих условиях:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 – 3,5 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее

изменения в течение смены не должны превышать 3,5 – 4 °С.

Оптимальные параметры согласно СанПиН 2.2.4.548-96 микроклимата приведены в таблице 9.3:

Таблица 9.3 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодное	21-23	60-40	< 0,1
Теплое	22-24	60-40	< 0,1

В таблице 9.4 приведены допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 9.4 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		ниже оптимальных величин	выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Iб (140 – 174)	19,0 – 20,9	23,1 – 24,0	15 - 75	0,1	0,2
Теплый	Iб (140 – 174)	20,0 – 21,9	24,1 – 28,0	15 - 75 *	0,1	0,3

### *Электромагнитное поле*

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве возмущение электромагнитного поля.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПК. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96, напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц.

Полный перечень значений допустимых параметров ионизирующих электромагнитных излучений приведено в таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений

Наименование параметров		ВДУ
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 потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. В ходе работы использовались мониторы типа HP Pavilion g6 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В.

#### *Освещение*

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания

имеет ряд существенных преимуществ: по спектральному составу они близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД у ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); у них более длительный срок службы.

Согласно ВСН 196-83 и СНиП 23-05-2010, освещенность рабочего стола должна быть не менее  $300 \div 500$  лк, что может достигаться установкой местного освещения (светильников). Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Расположение светильников должно выбираться таким образом, чтобы яркость бликов на экране не превышала  $40 \text{ кд/м}^2$ . Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Проектирование искусственного освещения осуществляется в соответствии с действующими строительными нормами и правилами СНиП. Согласно СНиП 23-05-2010, коэффициент естественной освещенности (КЕО) должен быть обеспечен не меньше 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не меньше 1,5% на остальной территории.

Для обеспечения искусственного освещения в помещении с ПК должна быть установлена система общего равномерного освещения.

#### *Поражение электрическим током*

Электробезопасность – это система технических и организационных средств и мероприятий, которые обеспечивают защиту людей от опасного и вредного воздействия электрической дуги, электрического тока, статического электричества и электромагнитного поля [22].

Безопасность обслуживания электрооборудования зависит от факторов окружающей его среды. С учетом этих факторов, а также их наличия или отсутствия все помещения по опасности поражения электрическим током делят на три класса. Помещения, в которых расположены шкафы коммуникаций и питания, относят к помещениям с

повышенной опасностью, из-за наличия в них токопроводящих полов. При этом отсутствуют другие факторы: токопроводящая пыль; влажность более 75 %; высокая температура воздуха, длительно превышающая 30 °С, или периодически (более одних суток) 35 °С, или более 40 °С кратковременно; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, металлическим корпусам электрооборудования и механизмам [23].

При поражении электрическим током, пострадавшему необходимо оказать доврачебную помощь, для чего необходимо проделать следующие операции:

- немедленно освободить от действия электрического тока пострадавшего. Необходимо выключить питание, перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой, отвести с помощью диэлектрических предметов (верёвка, сухая палка, ремень) электрические провода. Оказывающий помощь должен стоять на сухой изолирующей подставке или резиновом коврик;
- положить пострадавшего в удобное положение, освободить стесняющую одежду (расстегнуть пояс, ворот и т.п.);
- обеспечить приток свежего воздуха и при необходимости сделать непрямой массаж сердца и искусственное дыхание;
- вызвать скорую помощь;
- поставить администрацию, инженера по технике безопасности в известность о произошедшем случайном случае.

### *Возгорание*

Пожарная опасность электроустановок, каковыми являются пульты и щиты управления, а также шкаф коммуникаций и питания, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляции обмоток, различных электромагнитов (контрольно-измерительные приборы), проводов и кабелей.

Согласно строительным нормам и правилам (НПБ 105-2003) в зависимости от характеристики и количества веществ обращающихся в производстве, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий следует определять для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов [24].

Помещение, где реализована автоматизированная система учёта и управления энергопотребления здания по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г: негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; ГГ, ГЖ и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

При строительстве сооружений и зданий с учётом категории производства применяют строительные конструкции и материалы, которые подразделяются на три группы: трудносгораемые; сгораемые; несгораемые. Помещение, где реализована система автоматизации относится к трудносгораемым.

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

Средства защиты от шума – рациональная планировка предприятий и производственных помещений, изменение направленности излучения шума, применение звукоизоляции, акустическая обработка помещений.

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПК и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

При эксплуатации защитный фильтр должен быть плотно установлен на экране дисплея и надежно заземлен. Заземление подключается к общему контуру заземления. Сопротивление контура заземления не должно превышать 4 Ом. Также экран дисплея и фильтр необходимо ежедневно очищать от пыли.

При превышении предельно-допустимого уровня напряженности статического электрического поля, от терминалов необходимо применять средства защиты, в первую очередь коллективного воздействия. Для устранения воздействия на работающих электростатического разряда целесообразно применять нейтрализаторы, заземляющие оборудование и увлажнители. В качестве материалов внутренней отделки помещений, рекомендуется применять антистатические средства и материалы, разрешенные органами и учреждениями Госсанэпиднадзора. Также следует проводить ежедневную влажную уборку помещений, а работникам следует воздержаться от использования одежды из синтетических материалов.

В качестве светильников при работе с ПК следует использовать светильники типа ЛПО36, также возможно использование светильников прямого света, отраженного света типа ЛПО13, ЛПО5, ЛСО4, ЛПО34, ЛПО31 с люминесцентными лампами типа ЛБ. В качестве светильников для местного освещения возможно использование ламп накаливания. Светильники в помещении необходимо располагать в сплошные или прерывистые линии сбоку от рабочего места параллельно с линией зрения работника. При расположении по периметру помещения — линия светильников должна располагаться над рабочим местом. Защитный угол всех светильников не должен быть менее  $40^{\circ}$ .

Мероприятия по предотвращению поражения электрическим током:

- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, который возникает между инструментом и корпусом приборов при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса инструментов и приборов должны быть заземлены;
- необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал.

### 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В ходе разработки данной системы на рабочем месте могут возникнуть следующие чрезвычайные ситуации: пожары и взрывы. Наиболее вероятными ЧС являются пожары, которые могут быть вызваны коротким замыканием, перегрузкой, нагреванием участков электросети, неисправностью оборудования и несоблюдения правил пожарной безопасности. К пожарно-профилактическим мероприятиям можно отнести: правильный выбор оборудования и способы его монтажа, систематический контроль исправности защитных устройств на электрооборудовании, создание условий обеспечивающих пожарную безопасность [25]. С целью оповещения о возникшей чрезвычайной ситуации учебные корпуса оборудованы речевой системой оповещения, в каждой аудитории имеются датчики пожаров, на каждом этаже вывешен план эвакуации.

В помещении, где находится рабочее место инженера-проектировщика, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании

электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Причинами пожара могут служить короткое замыкание при работе ЭВМ, вследствие перегрузки элементов электронных схем и токоведущих частей, или проводки освещения. Дополнительная пожарная опасность возникает при профилактических и ремонтных работах электронной техники, использованием различных смазочных веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, необходимых для пайки и чистки. Все это требует принятия мер обеспечения пожарной безопасности.

Для сохранности ценного электрооборудования помещение должно быть оборудовано 1 или 2 класса огнестойкости, т.е. должно быть выполнено из не горючих материалов.

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации;

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем оповещения, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на достигаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Помещение компьютерного класса по взрывопожарной безопасности, в соответствии с СНиП 11-02-96, относится к категории В. Класс пожароопасности: степень защиты электрооборудования – стационарные IP44, передвижной IP54, светильник IPO.

Для предотвращения распространения огня во время пожара с одной части здания на другую, устраивают противопожарные преграды в виде стен, перегородок, дверей, окон.

В коридорах, на лестничных площадках и у входов, должны быть установлены пожарные краны. В помещении должны быть первичные средства огнетушения: ящик с сухим песком, огнетушители.

В соответствии с нормами [25] для ликвидации пожаров в начальной стадии применяются первичные средства пожаротушения: пожарные краны; химические пенные, углекислотные и порошковые огнетушители.

При возгорании или возникновении пожара следует немедленно начать эвакуацию людей, отключить подачу воздуха по системе вентиляции, обесточить помещение и вызвать пожарную охрану. При эвакуации, следует не создавать паники и двигаться в соответствии с планом эвакуации.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения

квалификации;

- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением

законодательства;

- социальная и правовая защита работников, решение трудовых

споров;

- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника

и работодателя;

- защита прав и интересов работодателей.

Согласно трудовому кодексу РФ, продолжительность работ не должна превышать 40 часов в неделю, таким образом, при пятидневной рабочей неделе продолжительность рабочего дня должна составлять не более 8 часов.

На рабочем месте должны быть обеспечены нормы микроклимата помещений, описанные в п. 1.1.4, а размер самого помещения при работе с должен быть не менее 6 м<sup>2</sup>.

Дополнительно при работе с ПК во избежание появления головных болей, мигреней и ухудшения самочувствия в целом необходимо обеспечить защиту от ЭПМ в соответствии с п. 2, а при работе рекомендуется соблюдать следующий регламент:

- рекомендуемая полная продолжительность рабочего времени за экраном монитора взрослого пользователя, использующего обычный монитор с защитным фильтром – 4 часа за 8-ми часовой рабочий день,
- в конце каждого часа работы необходимо делать 5 - минутный перерыв, а через каждые 2 часа - 15 минутный, выключить монитор и покидать рабочее место.

Организация должна обеспечить, чтобы персонал, выполняющий работы, которые могут оказать вредные воздействия на окружающую среду, обладал необходимой компетентностью и прошел соответствующее экологическое обучение, инструктаж и аттестацию.

Обязательное социальное страхование представляет собой систему создаваемых государством правовых, экономических и организационных мер, направленных на компенсацию или минимизацию последствий изменения материального и (или) социального положения работающих граждан, а в случаях, предусмотренных законодательством РФ.

#### 7.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Трудовой кодекс не приравнивает работу за компьютером к вредным условиям труда. Поэтому нормативными документами, регламентирующими деятельность работника с использованием ПК, являются СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Гигиенические требования к ПК и организации труда и Инструкция по охране труда при работе с компьютером. Нормативным

документом СанПин 2.2.2/2.4.1340 – 03 установлено, что при работе с компьютером, пользователь обязан делать перерыв в размере 15 минут каждый час непрерывной работы [26]. «Инструкция по охране труда при работе на ПК» устанавливает следующие требования для работников: к работе с ПК допускаются работники, не имеющие медицинских противопоказаний; женщины в период беременности к выполнению всех видов работ, с использованием компьютера, не допускаются [27].

#### 7.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место сотрудника обуславливается состоянием помещения, качеством мебели, техники, соблюдением всех санитарно-технических и гигиенических требований и правил Трудового кодекса. Трудовым кодексом также регламентируется организация службы по охране труда, каждое рабочее место подлежит аттестации с целью выявления вредных и опасных факторов. Согласно статье 216.1 Трудового кодекса существуют органы исполнительной власти, которые осуществляют государственную экспертизу труда. На основе СанПиН 2.2.542 – 96 установлены следующие требования к рабочему месту: в помещении, где происходит эксплуатация персонального компьютера, должны иметься источники естественного и искусственного освещения; площадь рабочего места для взрослых пользователей не должна быть меньше 6,0 м<sup>2</sup> [28]. Этим же стандартом регулируются требования к оборудованию, находящемуся на рабочем месте: высота рабочей поверхности стола должна быть в пределах 680 – 800 мм; расположение монитора от глаз пользователя должно составлять 600 – 700 мм; расположение клавиатуры на поверхности стола от края 100 – 300 мм; высота стула над полом для человека со средним ростом 161 – 170 см должна составлять 420 мм [28].

В результате выполнения раздела социальная ответственность были выполнены следующие пункты:

- произведен анализ вредных и опасных производственных факторов, которые могут воздействовать на инженера-проектировщика в рабочей зоне (акустический шум, электромагнитное поле, микроклимат, освещение, поражение электрическим током, пожар);
- выявлены возможные чрезвычайные ситуации, возникновение которых наиболее вероятно в зоне работы инженера-проектировщика (короткое замыкание, приводящее к поражению электрическим током человека или к пожару);
- разработаны организационные мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- рассмотрены правовые нормы работы в офисных помещениях, продолжительность работы за компьютером и условия микроклимата (рекомендуемая продолжительность работы за экраном монитора не более 4 часов за 8-ми часовой рабочий день.).

Производственное освещение является одной из важных составляющих комфортных условий работы. На рабочем месте пользователя ПК должны быть соблюдены нормы освещенности и качественные показатели освещения. Используются люминесцентные лампы и естественное освещение от окон.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе разработана автоматическая система приготовления органоводоугольного топлива. Произведен выбор оборудования.

Спроектированная система состоит из трех уровней. Нижний уровень – датчики измерения температуры, уровня, расхода, запорные арматуры и исполнительные механизмы. Средний уровень с контроллером. Верхний уровень представляет собой АРМ оператора.

Комплект проектной документации, разработанный в рамках дипломного проекта, включает структурную, функциональную схемы системы, принципиальную электрическую, монтажную схемы системы. Кроме того, разработаны схемы общего вида шкафов устройств вычисления и передачи данных.

Проведен расчет экономической эффективности проекта при внедрении его в производство.

Рассмотрены вредные факторы (шум, недостаточная освещенность, электромагнитное излучение), влияющие на человека в процессе работы.

## Список использованных источников

1. Ходаков Г.С. Водугольная суспензия в энергетике.//Теплоэнергетика. 2007. №1. С.35–45.
2. Фельдман В.Г. Автоматизация приема, хранения и сжигания водугольной суспензии на Новосибирской ТЭЦ-5 // Трубопроводный гидротранспорт твердых материалов (Гидротранспорт-86): тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., Москва, 11-13 сент. 1986 г. - М.: ВНИИПИгидротрубопровод, 1986. - С.170-171.
3. Костовецкий С.П., Мурко В.И., Олофинский Е.П. Некоторые результаты исследований процессов приготовления, транспортирования и прямого сжигания водугольной суспензии // Вопросы определения технологических параметров линейной части гидротранспортных систем.
4. Саломатов В.В., Дорохова У.В., Сыродой С.В. Перевод котлов малой мощности на водугольное топливо.//Ползуновский. - 2013. - № 4-3. - С.38- 46.
5. Хидиятов А.М., Осинцев В.В., Гордеев С.В.// Результаты перевода пылеугольного котла паропроизводительностью 89 кг/с на сжигание водугольной суспензии/ Теплоэнергетика. - 1987. - № 1. - С.5-11.
6. Liu J, Jiang X, Zhou L, Wang H, Han X. Co-firing of oil sludge with coal-water slurry in an industrial internal circulating fluidized bed boiler. J Hazard Mater 2009;167(1–3):817–823.
7. Vershinina KY, Kuznetsov GV, Strizhak PA. Sawdust as ignition intensifier of coal water slurries containing petrochemicals. Energy 2017;140:69–77.
8. Kopczyński M, Lasek JA, Iluk A, Zuwała J. The co-combustion of hard coal with raw and torrefied biomasses (willow (*Salix viminalis*), olive oil residue and waste wood from furniture manufacturing). Energy 2017;140(1):1316–1325.
9. Glushkov DO, Strizhak PA, Chernetskii MY. Organic coal-water fuel: Problems and advances (Review). Therm Eng 2016;63(10):707–717.

10. Lior N. Energy resources and use: the present situation and possible paths to the future. *Energy* 2008; 33:842–57.
11. Global Waste Management Outlook. United Nations Environment Programme. 2015.
12. Glushkov DO, Lyrshchikov SY, Shevyrev SA, Strizhak PA. Burning Properties of Slurry Based on Coal and Oil Processing Waste. *Energy Fuels* 2016;30(4):3441-3450.
13. Dmitrienko MA, Strizhak PA. 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;613-614:1117–1129.
14. Strizhak PA, Vershinina KY. Maximum combustion temperature for coal-water slurry containing petrochemicals. *Energy* 2017;120:34–46.
15. Nyashina GS, Kuznetsov GV, Strizhak PA. Energy efficiency and environmental aspects of the combustion of coal-water slurries with and without petrochemicals. *J Cleaner Prod* 2017;172:1730–1738.
16. Boylu, F.; Dinçer, H.; Ateşok, G. *Fuel Process. Technol.* 2004, 85 (4), 241–250.
17. Shukla, S. C.; Kukade, S.; Mandal, S. K.; Kundu, G. *Fuel*. 2008, 87 (15-16), 3428–3432.
18. Pinchuk, V. A.; Sharabura, T. A.; Kuzmin, A. V. *Fuel Process. Technol.* 2017, 167, 61–68.
19. Волощенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 120 с.
20. Ротач В.Я. Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 400 с., ил
21. СН 2.2.4/2.1.8.562 –96. Параметры уровня шума устанавливаются.
22. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

23. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
24. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
25. Порядок действий при возникновении пожара. [Электронный ресурс]. URL: <http://70.mchs.gov.ru/document/1477133>
26. ГОСТ 12.1.006 – 84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
27. СНиП 23-05 – 95. Естественное и искусственное освещение.
28. ГОСТ Р 50948 – 2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.