

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива

УДК 681.518.52:662.758.2:532.7.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Волков Роман Сергеевич	к.т.н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа: Инженерия теплоэнергетики и теплотехники

Специализация: Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике и теплотехнике

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

ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС
ПК(У)-4	Способен применять знания назначения и принципов действия средств измерений, автоматизации, технологических защит и блокировок в процессе проектирования и эксплуатации АСУ ТП
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела
ПК(У)-7	Способен выполнять предпроектное обследование объекта автоматизации, разрабатывать проектную и конструкторскую документацию АСУ ТП
ПК(У)-8	Способен применять методы специальных расчетов и моделирования при построении АСУ ТП и АСУП

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

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель профиля ООП  
 Ю.К. Атрошенко  
 (Ф.И.О)

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)

## ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич

Тема работы:

<b>АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНТРОЛЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1 июня 2022 года
--	------------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом управления в работе является резервуар для хранения водоугольного топлива с возможностью поддержания его в устойчивом состоянии.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Описание автоматической системы управления;</li> <li>2. Разработка структурной схемы;</li> <li>3. Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации;</li> <li>4. Разработка схемы электрической соединений;</li> <li>5. Разработка монтажной схемы внешних проводов;</li> </ol>

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	6. Разработка общего вида щита управления; 7. Расчет оптимальных параметров настройки регулятора и прямых оценок качества системы регулирования; 8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 9. Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала вопросов</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Схема структурная АСУ; 2. Схема функциональная АСУ; 3. Заказная спецификация приборов и средств автоматизации; 4. Схема электрическая соединений; 5. Перечень элементов электрической схемы; 6. Схема монтажная внешних проводок; 7. Общий вид щита автоматизации.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент</b>	Доцент ОСГН ШБИП, к.т.н., Кашук Ирина Вадимовна
<b>Социальная ответственность</b>	Старший преподаватель ООД ШБИП, Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.02.2022 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИИФВП	Волков Р.С.	к.т.н.		15.02.2022 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич		15.02.2022 г.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 83 с., 13 рис., 22 табл., 26 источников, 10 листов графического материала.

Ключевые слова: водоугольное топливо, автоматическая система управления, устойчивость, стабильность, седиментация, резервуар для хранения топлива, водоугольная суспензия.

Объектом исследования является резервуар для хранения водоугольного топлива.

Цель работы – разработка автоматической системы управления (АСУ) процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

Проведен анализ и выбор структуры АСУ, технических средств автоматизации. Разработаны функциональная схема АСУ, электрическая схема, монтажная схема, общий вид шкафа автоматизации. Произведен выбор регулирующего органа, проводов, кабелей, а также выполнен расчет оптимальных параметров настройки регулятора.

Выполнен анализ финансово-экономических аспектов разработки и внедрения автоматической системы управления.

Кроме того, проанализированы возможности возникновения аварийных ситуаций и загрязнения окружающей среды в процессе разработки и эксплуатации автоматической системы управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

## Оглавление

Реферат .....	6
Введение.....	9
1 Описание автоматической системы управления .....	11
2 Научно-исследовательская работа .....	12
3 Разработка проектной документации.....	17
3.1 Выбор структуры АСУ .....	17
3.2 Проектирование функциональной схемы АСУ .....	19
3.3 Выбор технических средств АСУ процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива .....	20
3.3.1 Выбор датчиков измерения плотности.....	20
3.3.2 Выбор датчика измерения уровня.....	21
3.3.3 Выбор перемешивающего устройства.....	23
3.3.4 Выбор насосного оборудования .....	24
3.4 Проектирование схема электрическая соединений АСУ .....	26
3.5 Проектирование монтажной схемы АСУ .....	27
3.6 Проектирование общего вида щита управления АСУ .....	28
4 Расчет параметров настройки регулятора .....	29
4.1 Идентификация объекта управления .....	29
4.2 Расчет параметров настройки регулятора .....	32
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 40	
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	40
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	40

5.1.2 SWOT-анализ .....	42
5.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	47
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	49
5.3 Бюджет научно-технического исследования .....	53
5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования ..	54
5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	54
5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	56
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	58
5.3.5 Накладные расходы .....	59
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	60
Выводы по разделу .....	64
6 Социальная ответственность .....	68
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
6.1.1 Специальные трудовые нормы правового законодательства .....	69
6.2.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны .....	70
6.2 Производственная безопасность .....	71
6.3 Экологическая безопасность .....	75
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76
Вывод по разделу .....	78
Заключение .....	80
Список используемых источников .....	81

Графический материал	На отдельных листах
ФЮРА.421000.005 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.005 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.005 СО1	Заказная спецификация
ФЮРА.421000.005 Э4	Схема электрическая соединений
ФЮРА.421000.005 ПЭ4	Перечень элементов схемы электрической соединений
ФЮРА.421000.005 С5	Схема монтажная
ФЮРА.421000.005 ВО	Общий вид щита автоматизации

## Введение

В современном мире уголь широко применяется в энергетической промышленности. Но, как и другие виды топлива, уголь имеет свой ряд недостатков. Исходя из колоссальных объемов добычи и переработки угля, остается большое количество отходов, которые необходимо утилизировать. Одним из способов решения этой проблемы является создание водоугольного топлива (ВУТ), которое, в среднем, на половину состоит из отходов переработанного угля. Благодаря этому возможна частичная утилизация отходов угольного производства, что, в свою очередь, позволяет использовать водоугольное топливо для выработки тепловой и электрической энергии, как на угольных, так и на газомазутных котлоагрегатах взамен газа и мазута.

Водоугольное топливо является перспективной заменой таким ископаемым топливам, как уголь и нефть, и обладает широким рядом существенных преимуществ, такими как: возможность изготовления топлива из угольных шламов, простота транспортировки, пожаробезопасность, а также снижается вероятность шлакообразования. Однако в ВУТ, как и в других топливах, происходят процессы седиментации и расслоения, что является весомой проблемой при использовании данного топлива на производствах. Седиментация – осаждение частиц в водных растворах под действием гравитационных сил, в результате чего образуется твердый осадок. Суспензии, в которых произошло расслоение на жидкую и твердую часть не подлежат использованию, так как теряют свои первоначальные характеристики. В связи с этим важно контролировать кинетическую устойчивость (стабильность) суспензии.

Целью работы является экспериментальное исследование влияния различных пластификаторов и поверхностно-активных веществ на стабильность и седиментацию водоугольного топлива, а также проектирование системы управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

## 1 Описание автоматической системы управления

В качестве объекта управления выступает резервуар, в котором хранится водоугольное топливо. Главной функцией данного резервуара является поддержание кинетической устойчивости (стабильности) и однородности суспензии, за счет рециркуляции и перемешивания. Резервуар позволяет сохранять топливо в пригодном состоянии в условиях транспортировки и длительного хранения. Ниже на рисунке 1 представлена схема автоматической системы управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

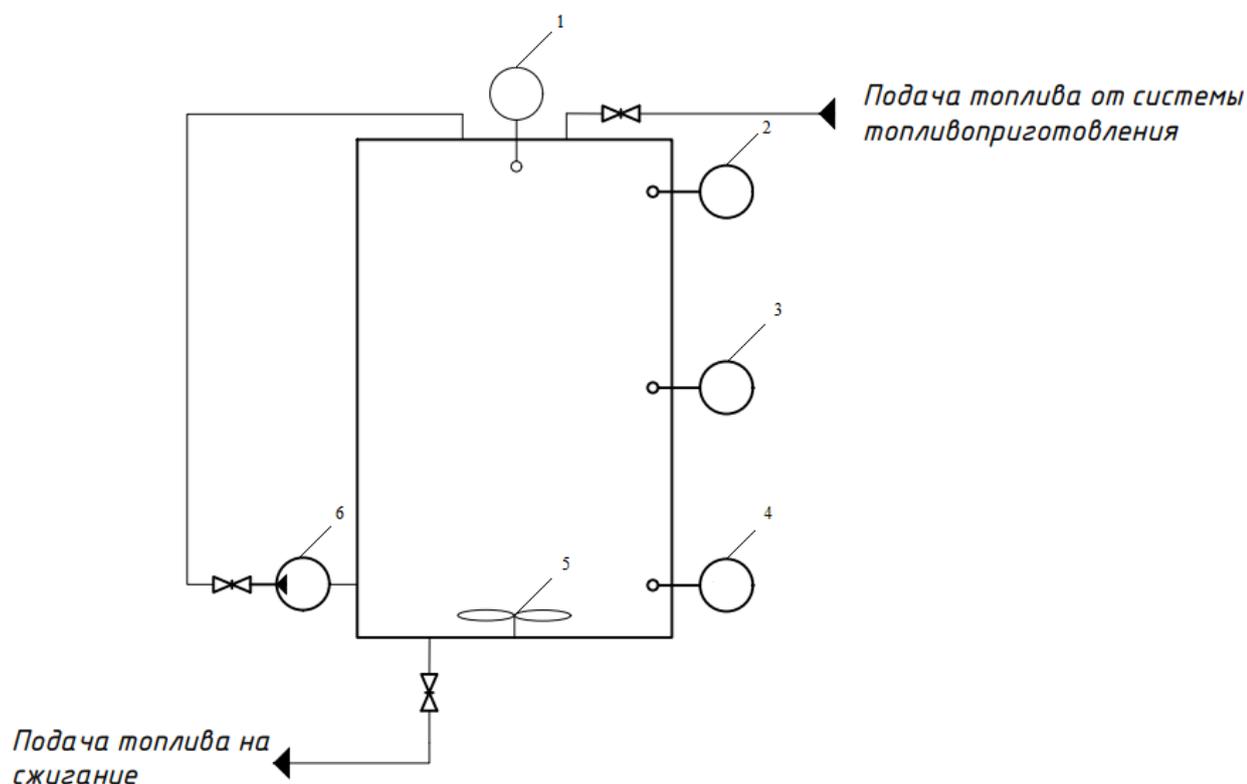


Рисунок 1 – Автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива, 1 – ультразвуковой уровнемер; 2,3,4 – ультразвуковые плотномеры; 5 – лопастная мешалка; 6 – импеллерный насос

Ультразвуковой уровнемер контролирует уровень топлива в резервуаре. Ультразвуковые плотномеры позволяют отслеживать фазовое разделение и

момент выпадения твердого осадка ВУТ. После выпадения осадка происходит перемешивание топлива лопастной мешалкой для возвращения суспензии в исходное состояние. Так как лопастная мешалка не всегда может привести суспензию к однородному состоянию, в резервуар встроен патрубок с насосом, который запускает процесс рециркуляции.

## 2 Научно-исследовательская работа

Водоугольные суспензии (ВУС) – это топливные двухфазные композиции, в которых, как правило, твердая часть представляет мелкодисперсный порошок угля или отходы углеобогащения (угольный шлам, угольная пыль и др.), а вода или водные растворы являются их несущей средой. С точки зрения приготовления топливных ВУС, существует большое количество исследований, посвященных изучению эффективности ВУС и улучшению полезных в аспекте топлива свойств и характеристик за счет добавления вспомогательных жидких веществ [1-3] или подмешивания твердых веществ вместо угля или угольного шлама. Базовые характеристики такого топлива включают реологические параметры (вязкость, предельное напряжение сдвига) и стабильность (устойчивость с точки зрения процессов седиментации и фазового разделения). Обозначенные характеристики критически важно учитывать, оценивать и правильно предсказывать при хранении и транспортировке топливных ВУС. Таким образом, обеспечение приемлемых для промышленного использования стабильности и реологических параметров топливных ВУС в широком диапазоне температур, включая отрицательные, учитывая наличие воды в виде несущей среды, является самостоятельным и пока еще малоизученным направлением исследований. Приемлемая стабильность обуславливается минимальным образованием осадка в конечном объеме ВУС с соответствующей низкой скоростью седиментации и отсутствием фазового разделения в течение 72

часов (среднее время хранения подобного рода топлива на объекте энергетического сектора [4]).

Для экспериментальных исследований по определению стабильности водоугольного топлива использовался экспериментальный стенд, схема которого представлена на рисунке 2.

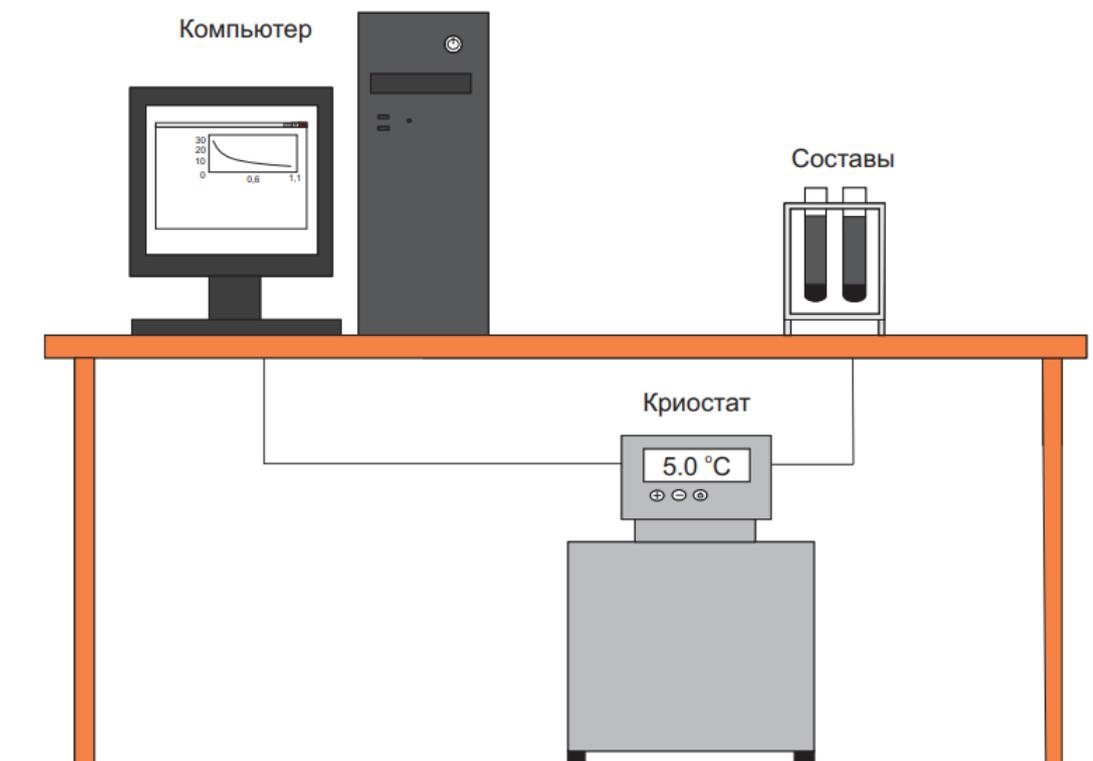


Рисунок 2 – Схема экспериментального стенда

Стенд представляет собой рабочий стол, на котором расположен компьютер и криостат. Криостат Kiss K6 фирмы «Huber», Германия (температурный диапазон от  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Данный температурный диапазон обеспечивается за счет использования теплоносителя (смеси пропиленгликоля и воды в соотношении 50/50, отклонение температуры в рабочей емкости  $\pm 0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Термостатирование образцов проводилось при температурах  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Пробирки с суспензиями находились в ванне криостата в течение 72 часов, поскольку данный временной интервал

является самым распространенным временем хранения на объектах энергетической промышленности.

Пробирки с суспензиями помещались в штатив, который устанавливался в ванну криостата (рисунок 3). При термостатировании суспензий ванна криостата находилась в закрытом состоянии. Внешний вид криостата и особенностей термостатирования пробирок представлен на рисунке 3.

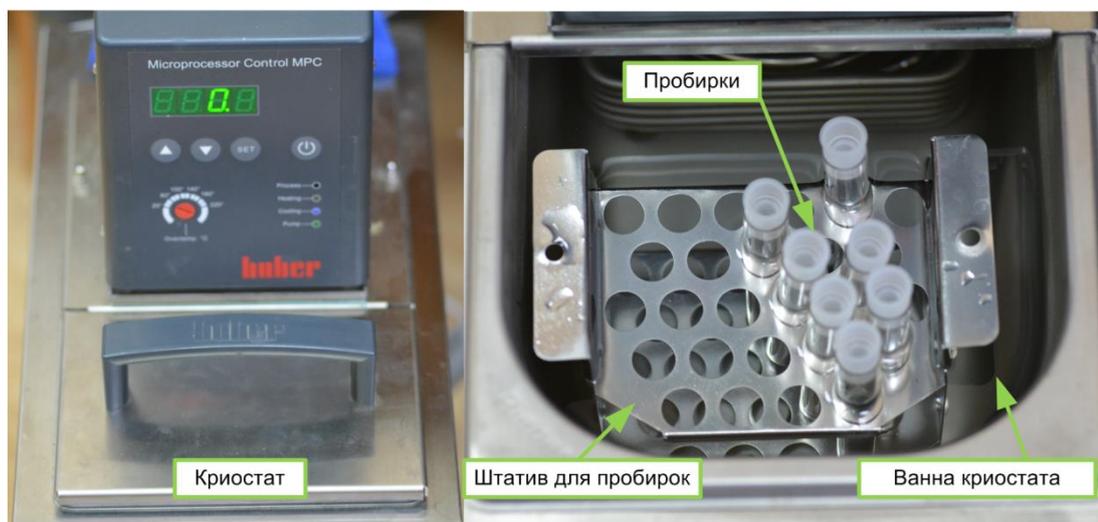


Рисунок 3 – Внешний вид криостата (слева), а также наполненная теплоносителем ванна криостата с погруженным в него штативом и пробирками с суспензиями (справа)

Поскольку определение количества отделившейся жидкости позволяет по существу оценить только последствия процесса седиментационной неустойчивости, для определения стабильности в аспекте образования твердого осадка из частиц угля или угольного шлама в объеме суспензии, применен метод «проникающего стержня» [5,6]. Суть метода заключается в том, что суспензия статично выдерживалась в течение 72 часов при  $25\pm 1$  °С,  $5\pm 1$  °С,  $0\pm 1$  °С,  $-5\pm 1$  °С, затем в пробирку с суспензией опускался стеклянный стержень длиной 100 мм (рисунок 4б). По мере выпадения осадка на дно тары, стержню становится сложнее проникать в нижние слои суспензии без приложения усилий со стороны. Седиментационная устойчивость топливной

композиции при данном методе определяется как разность общей длины стержня и длины его погруженной части (рисунок 4б).

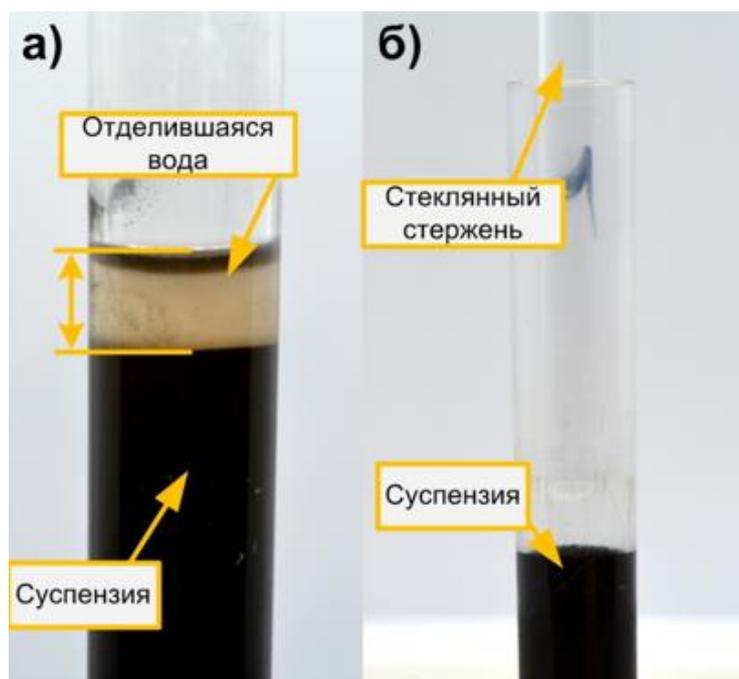


Рисунок 4 – Фотография с изображением расслоения ВУТ (а), метод «проникающего стержня» (б)

В таблице 1 приведен компонентный состав исследуемых топливных композиций, полученных с использованием широкого ряда диспергирующих и стабилизирующих веществ.

Таблица 1 – Исследуемый компонентный состав

Водоугольное топливо	
1	50% КЕК, 48% вода, 1% лигнитовый полимер, 1% АФ 9-12
2	50% КЕК, 48% вода, 1% SAPP, 1% АФ 9-12
3	50% КЕК, 48% вода, 1% SAPP, 1% ОП7
4	50% уголь, 49,4% вода, 0,1% УФР, 0,5% ОП7
5	50% уголь, 49,4% вода, 0,1% лигнитовый полимер, 0,5% ОП7
6	50% уголь, 49,4% вода, 0,1% SAPP, 0,5% ОП7
7	50% уголь, 49,9% вода, 0,1% УФР

Продолжение таблицы 1

8	50% уголь, 49,2% вода, 0,5% лигнитовый полимер, 0,3% АФ 9-12
9	50% уголь, 49,1% вода, 0,6% SAPP, 0,3% АФ 9-12
10	50% уголь, 48,6% вода, 0,4% УФР, 1% ОП7
11	50% уголь, 48,4% вода, 0,6% лигнитовый полимер, 1% ОП7

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

- 1) КЕК – отходы углеобогащения каменного угля ;
- 2) АФ 9-12 – неол, поверхностно-активное вещество;
- 3) ОП7 – поверхностно-активное вещество;
- 4) УФР – углефосфатный реагент;
- 5) SAPP – кислый полифосфат натрия (пищевая добавка E450).

Исследования стабильности перспективных (отборных) топливных ВУС продолжились установлением их седиментационной устойчивости. Результаты качественной оценки склонности топливных ВУС к образованию осадка из твердых частиц представлены на рисунках 5 и 6.

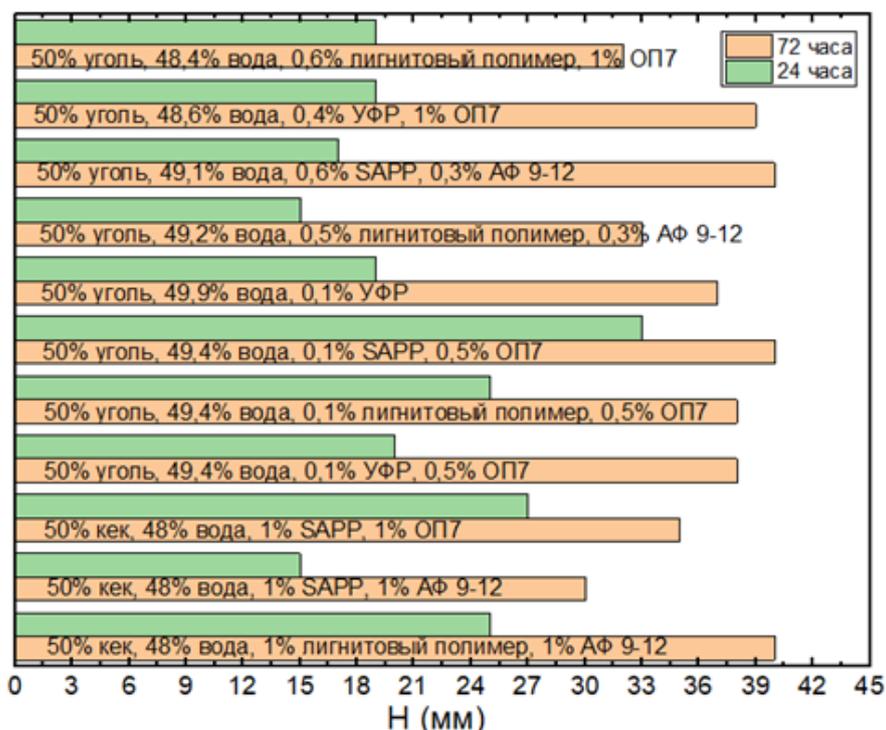


Рисунок 5 – Толщина осадка твердых частиц, сформированного в течение 24 часов и 72 часов при 25 °С

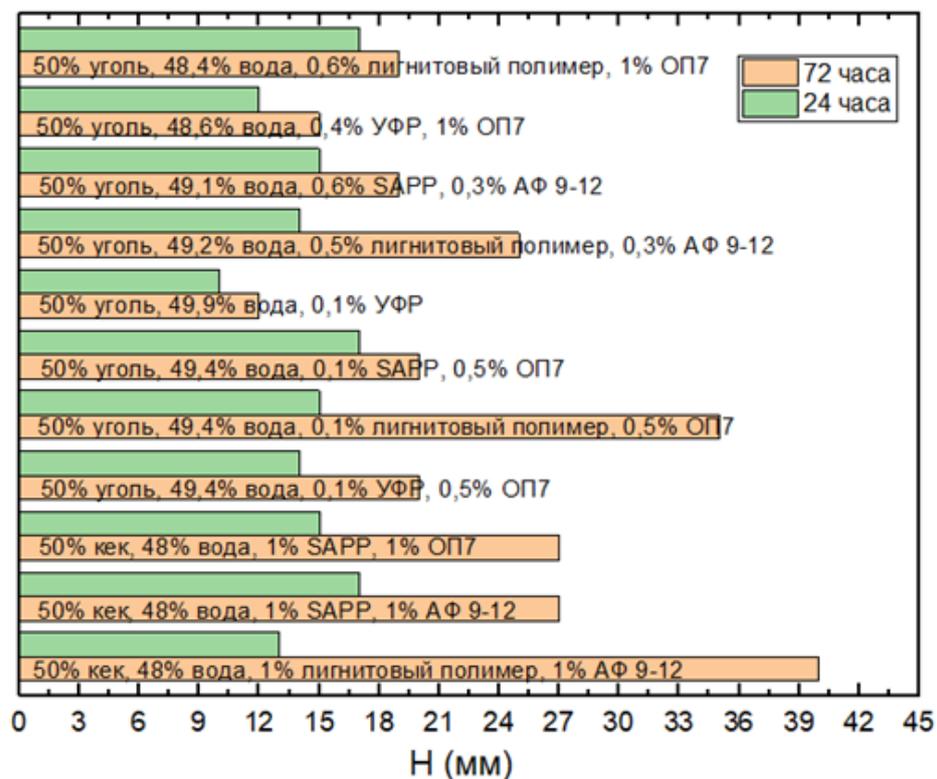


Рисунок 6 – Толщина осадка твердых частиц, сформированного в течение 24 часов и 72 часов при 5 °С

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что толщина образования твердого осадка уменьшается с понижением температуры, это связано с ростом текучести и вязкости суспензии. Также можно выделить некоторые образцы, наиболее устойчивые к седиментации, при комнатной температура (25 °С) образец №10 (1% SAPP, 1% АФ 9-12) имеет сравнительно низкие показатели толщины осадка. Однако при температуре 5 °С, однозначно лидирует образец №5 (0,1% УФР). Остальные образцы более склонны к образованию осадка в широком диапазоне варьирования температуры и времени термостатирования.

### 3 Разработка проектной документации

#### 3.1 Выбор структуры АСУ

Структура управления объекта автоматизации оказывает значительное влияние на эффективность работы системы, стоимость оборудования для регулирования, ремонтпригодность и надежность. Система автоматического управления в основном состоит из одного или нескольких уровней управления (одноуровневые и многоуровневые системы). В рамках данной работы применяется многоуровневая система управления процесса контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива, включающая в себя три уровня управления.

Полевой уровень в основном состоит из: первичных средств измерения, исполнительных механизмов, местных показывающих приборов. На нижнем уровне происходит контроль технологических параметров с заданной точностью и периодичностью, преобразование измеренных параметров в электрические сигналы, выполняется контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов.

Средний уровень представляет собой шкаф автоматизации, спроектированный на базе программируемых логических контроллеров (ПЛК), которые собирают информацию, приходящую с различных датчиков и формируют команды на исполнительные механизмы, содержат вторичные средства измерения, выполняющие функции преобразования сигналов от датчиков нулевого уровня до контроллерного оборудования, а также включают искробезопасные барьеры и преобразователи.

Верхний уровень концентрирует и систематизирует информацию о технологическом процессе, приходящую с контроллеров. Происходит составление отчетов и справок, включая обработку и хранение информации, формируется база данных. Взаимодействие с полевым уровнем осуществляется за счет формирования управляющих воздействий по поддержанию установленных режимов работы. Также проводится диагностика работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления. Разработанная структурная схема представлена на отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.005 С1.

### 3.2 Проектирование функциональной схемы АСУ

Функциональная схема системы автоматизации технологических процессов – документ, в котором отражаются приборы, средства автоматизации и процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях установки или установки в целом. Также является основным техническим документом, определяющим структуру и характер систем автоматизации технологических процессов.

В разработанной в рамках данного раздела функциональной схеме в верхней части листа располагается основная технологическая схема, на которой в форме прямоугольника изображен резервуар для хранения водоугольного топлива. В нижней части схемы располагаются шкаф автоматизации и АРМ оператора, изображенные в виде прямоугольников.

Окружностями на данной схеме изображаются первичные измерительные преобразователи, регулирующие органы и исполнительные механизмы. От них отходят линии связи с номером измерительного или управляющего канала. После этого линии связи ведутся к шкафу автоматизации, в котором расположен контроллер. С контроллера информация передается на верхний уровень, на автоматизированное рабочее место (АРМ) оперативного персонала, который управляет технологическим процессом.

Каналы 1, 2, 3, 5 предназначены для измерения плотности и уровня топлива в резервуаре; 4, 7, 8, 9 – каналы, предназначенные для управления подачей топлива от системы топливоприготовления и запуска рециркуляции посредством насоса; 6 – канал, предназначенный для регулирования лопастной мешалки, которая осуществляет перемешивание всего топлива.

Функциональная схема АСУ процесса контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.005 С2.

### 3.3 Выбор технических средств АСУ процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива

#### 3.3.1 Выбор датчиков измерения плотности

В качестве датчика измерения плотности был выбран плотномер SDM-4 компании Rhosonics, который позволяет проводить измерения плотности в вязких, тягучих и абразивных жидкостях.

SDM-4 предназначен для измерения плотности при температуре суспензии от 0 °С до 110 °С. К преимуществам данного прибора относятся: не радиоизотопная технология, простота установки и калибровки, минимальная потребность в обслуживании, непрерывное ведение журнала данных. Технические характеристики приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики плотномера SDM-4

Параметр	Значение
Диапазон измерения плотности	700 – 3100 кг/м <sup>3</sup>
Точность измерения	± 0,5%
Выходной сигнал блока токового выхода	4 – 20мА
Пылеводозащита	IP68
Источник питания	18 – 32 В

Альтернативным вариантом может рассматриваться плотномер ПЛОТ-ЗБ-1РУ, предназначенный для измерения плотности в вертикальных и горизонтальных резервуарах методом погружения датчика в жидкость непосредственно через горловину замерного люка. Ниже в таблице 3 приведены технические характеристики плотномера.

Таблица 3 – Технические характеристики плотномера ПЛОТ-3Б-1РУ

Параметр	Значение
Контролируемая среда	Чистые однородные жидкости
Диапазон измерения уровня	250 – 20000 мм
Максимальная кинематическая вязкость контролируемой жидкости	Не более 200 мм <sup>2</sup> /с
Рабочий диапазон температур окружающего воздуха	От –40 до +50 °С
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности	± 0,3 кг/м <sup>3</sup>

В связи с тем, что ПЛОТ-3Б-1РУ предназначен для выполнения измерений только в однородных жидкостях, рациональнее будет выбрать плотномер SDM-4 компании Rhosonics, так как водоугольное топливо имеет свойство выпадать в осадок, что нарушает однородность суспензии, следовательно выбран плотномер SDM.

### 3.3.2 Выбор датчика измерения уровня

В качестве датчика измерения уровня выбран бесконтактный ультразвуковой уровнемер Rosemount серии 3101 компании Emerson, предназначенный для обеспечения непрерывного измерения уровня жидкости и расстояния до поверхности жидкости в резервуаре. К преимуществам данного прибора относится: недорогое и надежное решение для обеспечения непрерывного измерения уровня, простой ввод в эксплуатацию и использование. Технические характеристики устройства приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики уровнемера Rosemount 3101

Параметр	Значение
Диапазон измерений	0,3 – 8 м
Погрешность измерений	± 0,5%
Выходной электрический сигнал	4 – 20 мА
Степень защиты	IP66
Рабочий диапазон температур окружающего воздуха	От –20 до +70 °С

Еще одним вариантом рассматривался ультразвуковой уровнемер ЭХО-АС-01, предназначенный для дистанционного измерения уровня жидких сред, в том числе загрязненных сточных вод (безнапорных канализационных стоков), взрывоопасных, агрессивных, вязких, неоднородных, выпадающих в осадок, а также сыпучих материалов с диаметром гранул и кусков от 5 до 300 мм, при температуре контролируемой среды от минус 30 до плюс 80 °С. Ниже в таблице 5 приведены основные технические характеристики уровнемера ЭХО-АС-01.

Таблица 5 – Технические характеристики уровнемера ЭХО-АС-01

Параметр	Значение
Диапазон измерения уровня	0,1 – 20 метров
Основная погрешность измерения уровня (класс точности)	1%
Выходной сигнал блока токового выхода	0 – 5 мА; 0 – 20 мА; 4 – 20 мА
Напряжение питания электронного блока	220 В
Пылеводозащита	IP64

В связи с высокой стоимостью уровнемера ЭХО-АС-01 выбран датчик измерения уровня Rosemount 3101.

### 3.3.3 Выбор перемешивающего устройства

Устройством для перемешивания выбран лопастной миксер AGV 1,50-900 высокооборотный. Миксер (мешалка) AGV используется для перемешивания жидкостей и химических реагентов в средних емкостях, а также для приготовления однородных водных растворов реагентов, гомогенизации, взмучивания, взвешивания твердых частиц в жидкости. Винт миксера имеет 3 лопасти, установленных под углом 35 градусов. Ниже приведена таблица 6, в которой представлены технические характеристики устройства.

Таблица 6 – Технические характеристики лопастного миксера AGV 1,50-900

Параметр	Значение
Рабочая среда	Жидкая
Мощность	0,18-1,50 кВт
Частота оборотов	900-1400 об/мин
Класс пылевлагозащиты	IP55
Исполнение электродвигателя	230/400 В (50 Гц)

Рассмотрим миксер AGR-V 140 низкооборотный для перемешивания жидкостей в емкостях объемом до 5м<sup>3</sup>. Миксер AGR-V имеет 4 рабочих лопасти, установленных под углом 45 градусов, выполненных из нержавеющей стали. Промышленные низкооборотные миксеры AGR-V 140 выпускаются в однофазном исполнении двигателей 0,18 / 0,37 кВт. Технические характеристики приведены ниже в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики миксера AGR-V 140

Параметр	Значение
Рабочая среда	Жидкая
Мощность	0,18-1,50 кВт
Частота оборотов	70-140 об/мин
Класс пылевлагозащиты	IP55
Исполнение электродвигателя	230/400 В (50 Гц)

Анализируя устройства для перемешивания, был выбран AGV 1,50-900, так как миксер AGR-V 140 является низкооборотным. Для перемешивания суспензии необходимы высокооборотные перемешивающие устройства, которые смогут полностью размешать водоугольное топливо после образования осадка.

### 3.3.4 Выбор насосного оборудования

Для осуществления рециркуляции жидкости был выбран импеллерный насос Maxi 470 от компании Liverani. Данный прибор является одним из самых универсальных и распространенных среди насосного оборудования, так как объединяет в себе черты динамических и объемных насосов. Вдобавок ко всему вышеперечисленному данный насос подходит для рециркуляции жидкостей (рисунок 7).

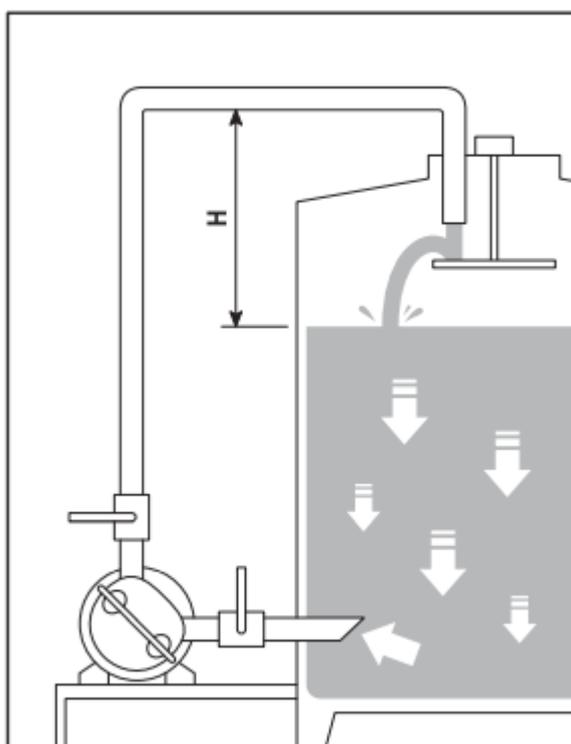


Рисунок 7 – Пример использования импеллерного насоса Махі 470 [7]

Махі 470 предназначен для перекачивания вязких и тягучих жидкостей, в том числе с твердыми включениями. Технические характеристики насоса Махі 470 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики насоса Махі 470

Параметр	Значение
Производительность	До 36 м <sup>3</sup> /час
Мощность	3,3 кВт
Частота вращения	470 об/мин
Размеры твердых частиц	До 25 мм
Рабочая среда	Жидкая

Для сравнения рассмотрим 3-х винтовой насос А5 3В 40/25 для нефтепродуктов и вязких сред. Данный насос предназначен для перекачки нефтепродуктов, мазута, высоковязких жидкостей, а также неагрессивных

жидкостей без абразивных примесей, обладающих смазывающей способностью. Ниже в таблице 9 представлены технические характеристики насоса.

Таблица 9 – Технические характеристики насоса А5 3В 40/25

Параметр	Значение
Производительность	До 35 м <sup>3</sup> /час
КПД	77%
Частота вращения	1450 об/мин
Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания	5 м
Рабочая среда	Жидкая

Проанализировав данные насосы, можно сделать вывод о том, что импеллерный насос Махі 470 соответствует заданным требованиям, а также предназначен для рециркуляции топлива, что является ключевым фактором в выборе данного насосного устройства.

### 3.4 Проектирование схемы электрической соединений шкафа автоматизации

Электрическая схема отражает устройства и средства автоматизации, обеспечивающих решение задач контроля, измерения, регулирования, управления и сигнализации, а также взаимосвязи между ними. Электрическая схема АСУ процессом контроля стабильности ВУТ приведена на листах с шифром ФЮРА.421000.005 Э4.

На листе 1 представлена электрическая схема питания и микроклимата щита управления. Подсистема электрического питания включает себя: автоматический выключатель (QF1), предназначенный для защиты разделительных и групповых цепей; щитовую розетку (XS1),

предназначенную для подключения электрического инструмента малой мощности во время профилактических и ремонтных работ; блоки зажимов (ХТ0, ХТ01, ХТ02, ХТ03), предназначенные для соединения кабелей; устройство защиты от перенапряжений (Z01), предназначенное для защиты устройств от перенапряжений при протекании через сеть импульсов тока; модуль питания (G1), предназначенный для обеспечения устройств напряжением 24 В; вентилятор (M1), предназначенный для охлаждения щита управления; осветительный прибор (EL1), предназначенный для освещения внутренней полости щита.

На листе 2 представлена электрическая схема подсистемы ввода-вывода аналоговых сигналов. Подсистема ввода аналоговых сигналов включает в себя: модуль ввода аналоговых сигналов программируемого логического контроллера ЭлеСи ЭЛСИ – ТМК (АС1); преобразователи аналоговых сигналов (UY1...2) – пассивные разъединители, предназначенные для разделения аналоговых сигналов; блок зажимов (2ХТ1).

На листе 3 представлена электрическая схема подсистемы ввода-вывода дискретных сигналов. Подсистема ввода-вывода дискретных сигналов включает в себя: модуль ввода-вывода дискретных сигналов программируемого логического контроллера ЭлеСи ЭЛСИ – ТМК (АС1); релейные модули (К1...2), предназначенные для повышения нагрузочной способности управляющих выходов слаботочного, низковольтного оборудования посредством релейных «сухих» контактов; блок зажимов (5ХТ1).

### 3.5 Проектирование монтажной схемы АСУ

Монтажная схема – это комбинированная схема, на которой отражаются электрические связи между различными приборами, датчиками и средствами автоматизации, установленными на технологическом оборудовании, вне щитов и на щитах управления, а также изображается подключение к приборам

и щитам. Данная документация предназначена для проведения монтажных работ, ремонта, наладки и выполнения профилактических работ. Для объемных и сложных систем автоматизации выполняются отдельно монтажные схемы щитов, пультов, внешних электрических проводок и трубных проводок.

В верхней части монтажной схемы представлена таблица с измеряемыми параметрами и номерами позиций соответствующих приборов. Ниже данной таблицы изображены датчики измерения плотности и уровнемер.

В правой части схемы изображен щит питания 220 В в виде прямоугольника, непосредственно в щите питания отображена клеммная колодка с подведенными к ней промаркированными кабелями питания. Ниже щита питания изображены лопастная мешалка и импеллерный насос, в форме прямоугольников.

В нижней части схемы представлен щит автоматизации в форме прямоугольника. В щите автоматизации изображаются клеммные блоки зажимов, а также подведенные к каждой клемме промаркированные жилы кабелей и проводов.

Исполнительный механизм изображен монтажными символами в соответствии с заводскими инструкциями. При этом внутри монтажных символов указаны номера зажимов и клеммных колодок, а также подключенные к ним кабели с соответствующей маркировкой.

Монтажная схема АСУ контроля процессом стабильности водоугольного топлива представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.005 С5.

### 3.6 Проектирование общего вида щита управления АСУ

Общий вид щита управления демонстрирует взаимное расположение всех элементов, входящих в щит. Расположение контролирующих и

управляющих приборов на щитах и панелях выполняется в соответствии с ходом технологического процесса. Соблюдаются условия удобного обзора устройств и приборов, а также доступность к любой части щита управления. Обычно щиты устанавливаются непосредственно в щитовых помещениях. Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.421000.005 ВО.

Внутри шкафа управления в виде условных графических обозначений изображены основные технические средства, элементы питания, коммутации, преобразования и управления. В верхней части шкафа находится осветительное оборудование (EL1) и концевой выключатель (SQ1). Ниже расположен контроллер ЭлеСи ЭЛСИ – ТМК (АС1), под ним (в средней части шкафа) расположены средства защиты системы питания и управления, а именно автоматический выключатель (QF1), разделительные преобразователи (UY1...2), устройство защиты от перенапряжений (Z01), блок питания (G1) и щитовая розетка (XS1). В нижнем ряду расположена вспомогательная аппаратура – реле (K1...2, KK1). В нижней части шкафа вертикально в несколько рядов расположены клеммные колодки (ХТ0, ХТ01, ХТ02).

#### 4 Расчет параметров настройки регулятора

##### 4.1 Идентификация объекта управления

Идентификация - это совокупность методов, предназначенных для построения математических моделей динамической системы по данным наблюдений. Математическая модель в данном случае означает математическое описание поведения какой-либо системы или процесса во временной области. Существует активная и пассивная идентификации. В случае активной – объект исследования выводится из равновесного состояния путем подачи на его входы специальных сигналов.

К активной идентификации прибегают при разработке новых технологий на действующих промышленных объектах. Пассивная идентификация применяется для уточнения математической модели.

В данной работе для получения кривой разгона была использована модель изменения частоты вращения лопастной мешалки по времени.

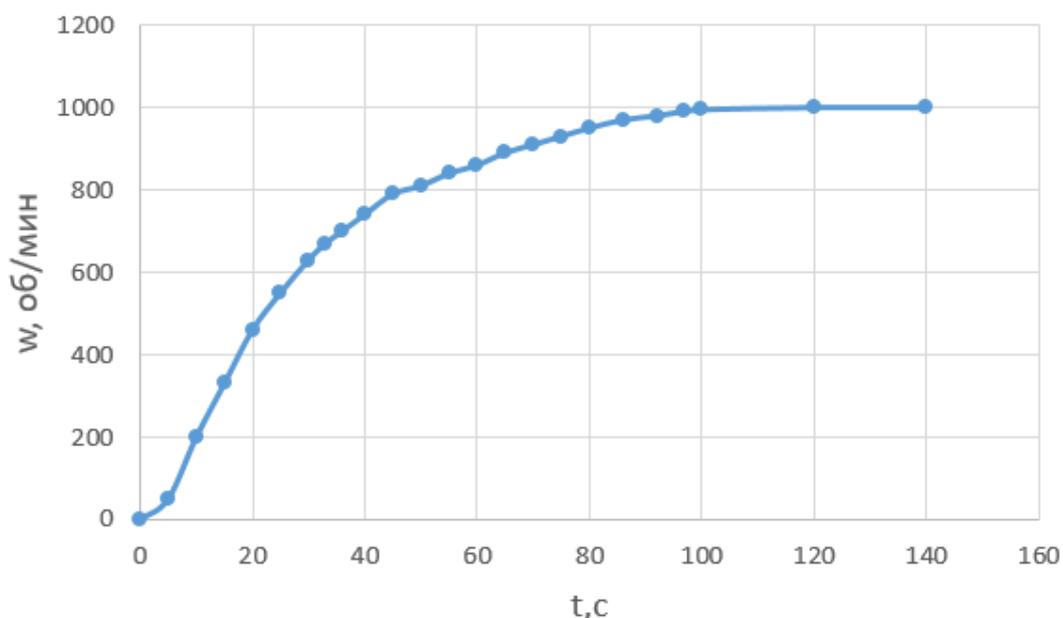


Рисунок 8 – Кривая разгона объекта управления

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

Передаточная функция для кривой представляет собой апериодическое звено с запаздыванием:

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

где  $k$  – коэффициент усиления;

$P$  – оператор Лапласа;

$\tau$  – время запаздывания;

$T$  – постоянная времени.

Решение уравнения при нулевых начальных условиях представляет собой:

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

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  $0,7 k$ . Постоянная времени  $T$  и время запаздывания  $\tau$  определяются по формулам:

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

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

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.

Из графика, изображенного на рисунке 9, определяем расположение на кривой точек А и Б и находим необходимые неизвестные параметры.

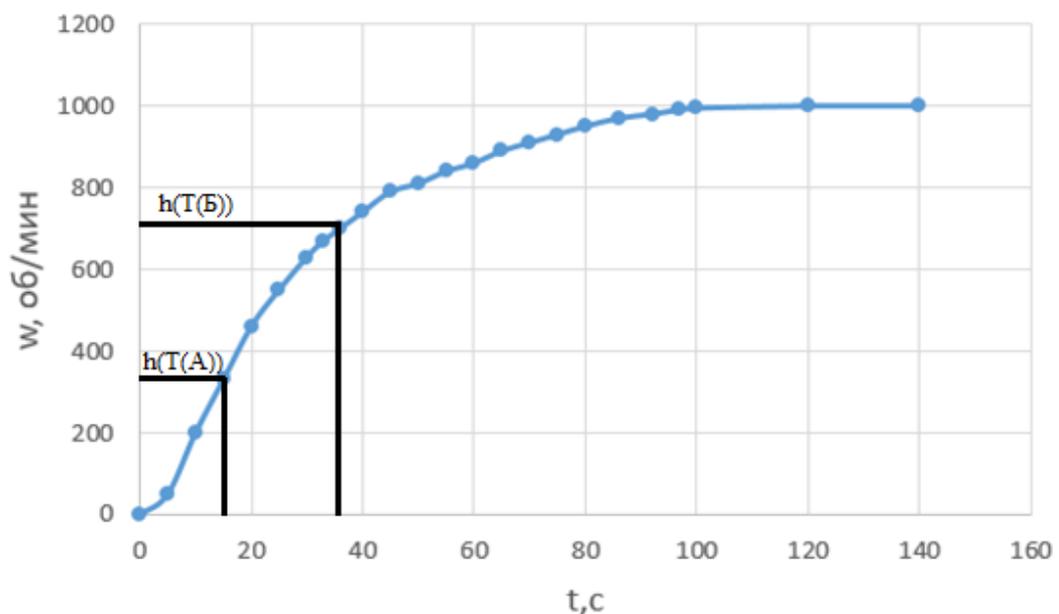


Рисунок 9 – Определение точек на кривой разгона для расчета

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  $h(t_A)$ . Затем вычисляются постоянная времени  $T$  и время запаздывания  $\tau$ :

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

$$T = \frac{t_B - \tau}{1,2} = 1,25(t_B - t_A).$$

Определяем значения по кривой разгона:

$$\tau = 0,5(3 \cdot 15 - 36) = 4,5 \text{ с},$$

$$T = 1,25(36 - 15) = 26,25 \text{ с}.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(P) = \frac{1000}{(26,25P+1)} e^{-4,5 P}.$$

#### 4.2 Расчет параметров настройки регулятора

На рисунке 10 изображена структурная схема системы регулирования.

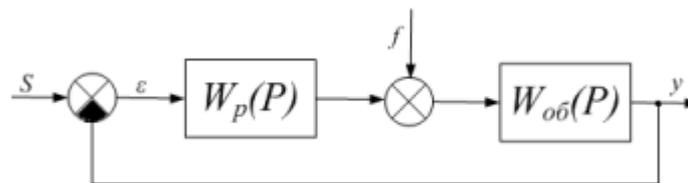


Рисунок 10 - Структурная схема системы регулирования

Расчет системы производится для степени устойчивости равной  $\psi = 0,65$ .

Определяем значение степени колебательности:

$$m = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - \psi) = -\frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \ln(1 - 0,65) = 0,167.$$

Передаточная функция объекта регулирования описывается формулой:

$$W(P) = \frac{1000}{(26,25P+1)} e^{-4,5P}.$$

Полученные расширенные частотные характеристики объекта представлены в таблице 10 в виде листинга расчета. Полученные значения представлены для диапазона частот от 0,001 до 0,003 с<sup>-1</sup>, с шагом по частоте в 0,0001 с<sup>-1</sup>

Таблица 10 – Расширенные частотные характеристики объекта

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\text{Re}_{об}(m,\omega)$	$\text{Im}_{об}(m,\omega)$	$A_{об}(m,\omega)$
0	1000	0	1e3
5e-3	979,91347	-151,112	991,496
0.01	923,54138	-287,414	967,231
0,015	840,80688	-398,516	930,468
0,02	743,76599	-480,356	885,398
0,025	643,06225	-534,272	836,048
0,03	546,18896	-564,714	785,636
0,035	457,41346	-577,098	736,389
0,04	378,53158	-576,488	689,655
0,045	309,76462	-567,028	646,123
0,05	250,47856	-551,859	606,043
0,055	199,66084	-533,241	569,395
0,06	156,19864	-512,744	536,008
0,065	119,02317	-491,43	505,638
0,07	87,17395	-469,999	478,015
0,075	59,81876	-448,897	452,865
0,08	36,25156	-428,403	429,934
0,085	15,88039	-408,674	408,983
0,09	-1,7879	-389,795	389,799
0,095	-17,16305	-371,797	372,193
0,1	-30,58534	-354,679	355,995

Параметры настройки ПИ-регулятора рассчитываются как:

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

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

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

Для нахождения значения параметров использовался диапазон значения частот от 0 до 0,025 с<sup>-1</sup>, с шагом по частоте в 0,001 с<sup>-1</sup>. Полученные значения представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Значение параметров ПИ – регулятора

$\omega, \text{с}^{-1}$	$\frac{K_p}{T_u}$	$K_p$
0	0,0000000	-0,0010000
0,005	0,0000008	-0,0009711
0,01	0,0000032	-0,0009359
0,015	0,0000071	-0,0008943
0,02	0,0000126	-0,0008464
0,025	0,0000196	-0,0007924
0,03	0,0000282	-0,0007321
0,035	0,0000383	-0,0006658
0,04	0,0000498	-0,0005934
0,045	0,0000628	-0,0005152
0,05	0,0000772	-0,0004310
0,055	0,0000930	-0,0003412
0,06	0,0001100	-0,0002456
0,065	0,0001300	-0,0001445
0,07	0,0001500	-0,0000380
0,075	0,0001700	0,0000739
0,08	0,0001900	0,0001909
0,085	0,0002100	0,0003131
0,09	0,0002400	0,0004402
0,095	0,0002600	0,0005721
0,1	0,0002900	0,0007087
0,105	0,0003100	0,0008498
0,11	0,0003400	0,0009953
0,115	0,0003700	0,0011450
0,12	0,0004000	0,0012990
0,125	0,0004300	0,0014570
0,13	0,0004500	0,0016180
0,135	0,0004800	0,0017830
0,14	0,0005100	0,0019510
0,145	0,0005400	0,0021230
0,15	0,0005700	0,0022980

Продолжение таблицы 11

0,155	0,0006000	0,0024750
0,16	0,0006300	0,0026550
0,165	0,0006600	0,0028380
0,17	0,0006800	0,0030220
0,175	0,0007100	0,0032090
0,18	0,0033980	0,0007400
0,185	0,0035880	0,0007600
0,19	0,0037800	0,0007900
0,195	0,0039730	0,0008100
0,2	0,0041670	0,0008300
0,205	0,0043610	0,0008500
0,21	0,0045570	0,0008700
0,215	0,0047520	0,0008900
0,22	0,0049480	0,0009100
0,225	0,0051440	0,0009200
0,26	0,0064920	0,0009600

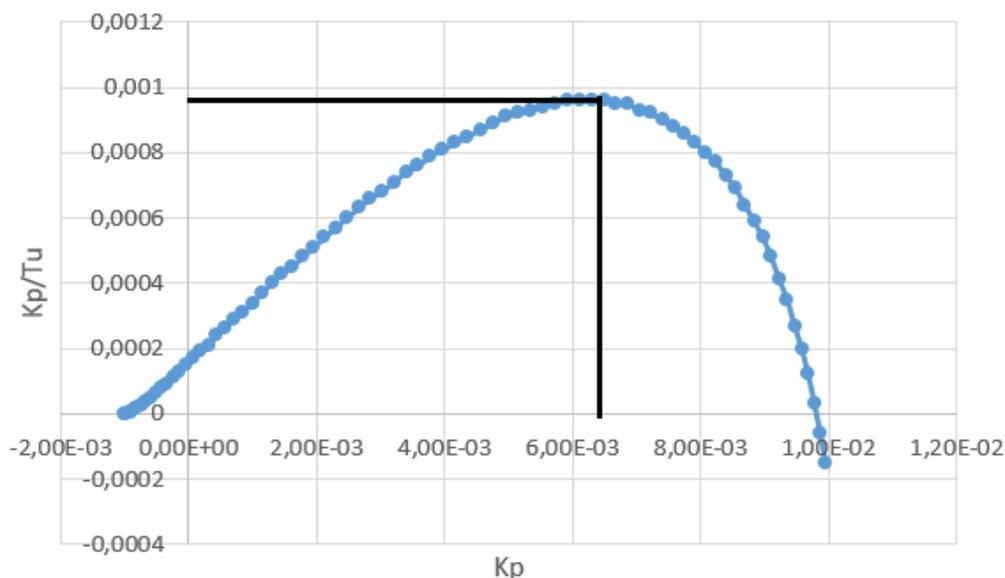


Рисунок 11 – Кривая заданного запаса устойчивости

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

Из таблицы 11 определяем:

$$\max \left( \frac{K_p}{T_u} \right) = 0,00096, \quad K_p = 0,006492, \quad \text{резонансная частота } \omega = 0,26 \text{ с}^{-1}.$$

Определяем значение постоянной интегрирования:

$$T_u = \frac{K_P}{K_P/T_u} = 6,7625 \text{ с.}$$

Произведем оценку качества переходного процесса в замкнутой системе при возмущении, которое идет по каналу регулирующего воздействия.

Передаточная функция будет иметь вид:

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

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

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

Переходный процесс, идущий в замкнутой системе по каналу задающего воздействия, рассчитывается по методу трапеций. Чтобы рассчитать переходный процесс, необходимо определить вещественную частотную характеристику системы. На рисунке 12 представлен график вещественной частотной характеристики.

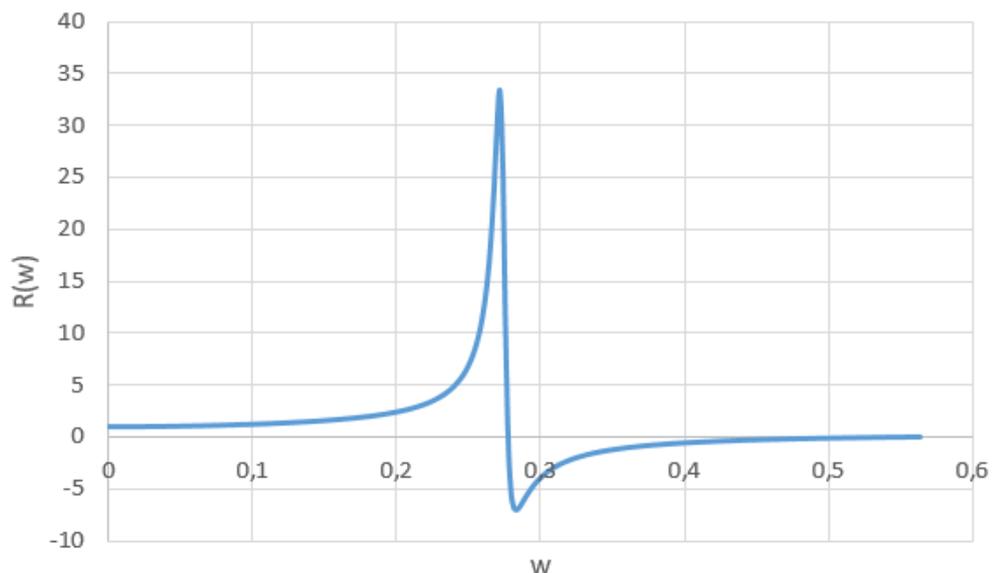


Рисунок 12 – Графическое представление вещественной частотной характеристики системы

Переходная характеристика системы связана с вещественной частотной характеристикой системы выражением:

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

где  $Re(\omega)$  – вещественная частотная характеристика системы;

$\omega$ - частота;

$t$  – продолжительность переходного процесса системы.

Для достижения точности в расчете в качестве верхнего предела интеграла применяется не бесконечность, а значение, при котором значение вещественной частотной характеристики системы стремится к 0. Из рисунка 12 определяем это значение.

Конечный вид уравнения для определения переходного процесса системы имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{0,5} \frac{Re(\omega)}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot d\omega.$$

На рисунке 13 представлен переходный процесс замкнутой системы по каналу задающего воздействия. С помощью этого переходного процесса была произведена оценка качества регулирования. Данная оценка позволит сделать вывод о том, насколько система удовлетворяет предъявленным требованиям, при предъявленных к системе ограничениях.

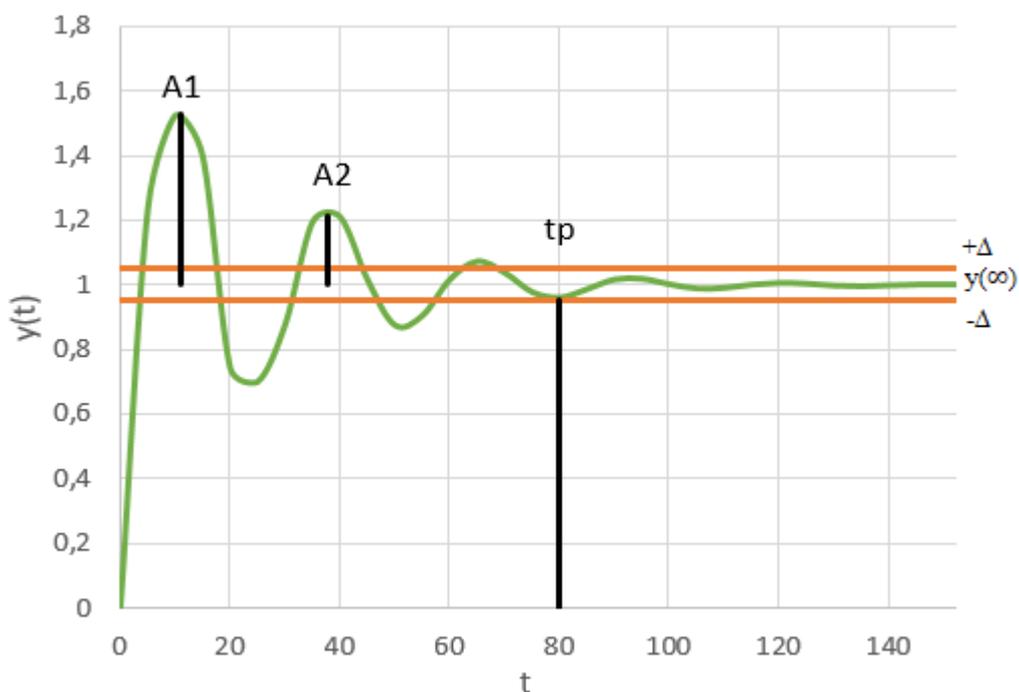


Рисунок 13 – Переходный процесс в замкнутой АСР по каналу задающего воздействия

Используя график, определяются прямые оценки качества:

1. Динамическая ошибка:  $A_1 = 0,55$ ;
2. Перерегулирование:  $\sigma = \frac{A_1 \cdot 100\%}{y(\infty)} = \frac{0,55 \cdot 100}{1} = 55 \%$ ;
3. Степень затухания:  $\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = \frac{0,55 - 0,211}{0,55} = 0,65$ ;
4. Статическая ошибка:  $\varepsilon_{СТ} = S - y(\infty) = 1 - 1 = 0$ ;
5. Время регулирования:  $t_p = 80$  с.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>НОЦ Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

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

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала**

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич		28.02.2022

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – разработка автоматической системы управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

### 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были рассмотрены конкурирующие разработки систем управления процессом контроля устойчивости водоугольного топлива:

- 1) Система контроля устойчивости водоугольного топлива с применением лопастной мешалки;
- 2) Система контроля устойчивости водоугольного топлива с применением поверхно-активных веществ (ПАВ).

Детальный анализ необходим, так как эти системы контроля имеют свои достоинства и недостатки. В таблице 12.1 показано сравнение разработки-конкурента и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 12.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,21	5	3	4	1	0,8	0,8
2. Уровень шума	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,27
3. Безопасность	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
4. Простота наладки	0,11	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Качество регулирования	0,15	5	4	4	0,75	0,75	0,45
6. Надежность	0,08	4	3	5	0,32	0,32	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,12	4	3	4	0,36	0,24	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,14	4	4	4	0,56	0,56	0,56
3. Стоимость обслуживания	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>4,23</b>	<b>3,82</b>	<b>3,67</b>

Расчет конкурентоспособности определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i ,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научного исследования;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

Расчет для своего исследования:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,21 \cdot 5 + 0,09 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 + 0,11 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,08 \cdot 4 + 0,12 \cdot 4 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 4,44.$$

Расчет для конкурента 1:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,21 \cdot 3 + 0,09 \cdot 3 + 0,05 \cdot 4 + 0,11 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,08 \cdot 3 + 0,12 \cdot 3 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 3,58.$$

Расчет для конкурента 2:

$$K = \sum V_i \cdot B_i = 0,21 \cdot 4 + 0,09 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 + 0,11 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,08 \cdot 5 + 0,12 \cdot 4 + 0,14 \cdot 4 + 0,07 \cdot 4 = 4,11.$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что наше исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 5.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды НИ, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации НИ, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Экологичность водоугольного топлива.	Сл1. Низкое теплосодержание водоугольного топлива.
С2. Дешевизна сырья.	Сл2. Новизна технологии.
С3. Использование низкосортных компонентов топлива.	Сл3. Необходимость в сложном гидротранспорте.
С4. Приближенность к потребителю.	Сл4. Привязка к конкретным параметрам объекта автоматизации.
С5. Повышение КПД котла за счет уменьшения потерь с механическим недожогом.	Сл5. Сложность приготовления топлива.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Замена бурого угля.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Значительное расширение географии применения технологии.	У3. Обращение к другим альтернативным источникам энергии.
В4. Внедрение на отечественный рынок.	У4. Повышение стоимости компонентов системы.
В5. Ужесточение норм на выбросы загрязняющих веществ.	У5. Ограничения на экспорт технологии.

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность научного исследования, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 12.3–12.6.

Таблица 12.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности НИ и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	+	+	+	+	+
	B3	-	+	+	+	-
	B4	+	+	+	-	-
	B5	+	-	-	-	-

Таблица 12.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности НИ и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	+	-	+	+
	B2	+	-	+	-	+
	B3	-	+	-	-	-
	B4	-	+	-	-	-
	B5	-	-	-	-	+

Таблица 12.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы НИ и сильные стороны»

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

Таблица 12.6 – Интерактивная матрица НИ «Угрозы проекта и слабые стороны»

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

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 12.7.

Таблица 12.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Экологичность водоугольного топлива.</p> <p>С2. Дешевизна сырья.</p> <p>С3. Использование низкосортных компонентов топлива.</p> <p>С4. Приближенность к потребителю.</p> <p>С5. Повышение КПД котла за счет уменьшения потерь с механическим недожогом.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Низкое теплосодержание водоугольного топлива.</p> <p>Сл2. Новизна технологии.</p> <p>Сл3. Необходимость в сложном гидротранспорте.</p> <p>Сл4. Привязка к конкретным параметрам объекта автоматизации.</p> <p>Сл5. Сложность приготовления топлива.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование оборудования ИШЭ ТПУ.</p> <p>В2. Замена бурого угля.</p> <p>В3. Значительное расширение географии применения технологии.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В2С1С2С3С4С5. Все сильные стороны положительно влияют на замену использования бурого угля на водоугольное топливо.</p> <p>В3С3С4. Возможность использования водоугольного топлива в районах, приближенных к залежам низкосортных топлив непригодных для традиционного сжигания.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В1Сл2Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований к работе, также может уменьшить рабочую погрешность и предотвратить появление брака.</p> <p>В2Сл1Сл3Сл5. Пока запасов бурого угля достаточно, поставки отлажены, поэтому водоугольное топливо может не прижиться.</p>

<p>В4. Внедрение на отечественный рынок.</p> <p>В5. Ужесточение норм на выбросы загрязняющих веществ.</p>	<p>В4С1С2С3. Низкая цена исходного сырья, использование низкосортных топлив совместно с экологичностью топлива являются основой для внедрения на отечественный рынок.</p> <p>В5С1. Ужесточение норм на выбросы загрязняющих веществ приведет к поиску новых, более экологичных технологий, какой и является данная система.</p>	<p>В3Сл2. Необходимость в наработке опыта эксплуатации действующей технологии.</p> <p>В4Сл2. Новизна технологии и привязка к конкретным параметрам объекта автоматизации может положительно сказаться на внедрении продукта на отечественный рынок.</p> <p>В5Сл5. Ужесточение норм на выбросы загрязняющих веществ может сказаться на процессе приготовления топлива.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.</p> <p>У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p> <p>У3. Обращение к другим альтернативным источникам энергии.</p> <p>У4. Повышение стоимости компонентов системы.</p> <p>У5. Ограничения на экспорт технологии.</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p>У1С1. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наша технология является более экологичной, больше перспектив развития.</p> <p>У2С1. Наш продукт является более экологичным, а значит, более привлекательными мировом рынке.</p> <p>У3С2. Развитие технологий, основанных на других источниках энергии может поставить под угрозу развитие технологии использования ВУТ, но дешевизна сырья может предотвратить данную угрозу.</p> <p>У4С2С3. Повышение стоимости на компоненты системы приведет к повышению стоимости на систему в целом и повлияет на выбор используемых компонентов топлива.</p> <p>У5С4. Введение ограничений на экспорт технологии может заметно сказаться на приближенности к потребителю.</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>У2Сл1. Аналоги могут обладать более выраженными характеристиками.</p> <p>У3Сл2Сл3. Развитие альтернативных источников энергии, в области которых проведено больше исследований и обладающих большей экономичностью.</p> <p>У4Сл5. Повышение стоимости компонентов является смежным со сложностью приготовления топлива.</p>

Проведение SWOT-анализа позволило выявить сильные и слабые стороны научного исследования, а также существующие возможности и угрозы для дальнейшей реализации.

Основным достоинством такой системы является экологичность, которая приветствуется в России, а также и за рубежом.

У системы также существует ряд недостатков, которые в первую очередь связаны с привязкой системы к конкретным параметрам объекта и сложности приготовления топлива. Выявленные недостатки возможно устранить путем проведения дальнейшей модернизации системы с использованием новых технологий.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 12.8.

Таблица 12.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Обзор научной литературы	Инженер
	3	Выбор направления исследования	Инженер, Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Подготовка образцов для исследования	Инженер
	5	Проведение лабораторных исследований, направленных на изучение реологических характеристик водоугольного топлива	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Анализ полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Разработка технической документации и проектирование	7	Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	Инженер
	8	Разработка электрической схемы соединений, монтажной схемы и щита управления	Инженер
	9	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер
	10	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки	Инженер

## 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

где  $t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{max\ i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Пример расчета ожидаемого значения трудоемкости для работы по составлению и утверждению технического задания, плана-графика:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8 \text{ человеко} - \text{дней.}$$

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{p\ i}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{p\ i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч\ i},$$

где  $T_{p\ i}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ож\ i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

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

Пример расчета продолжительности работы для составления и утверждения технического задания, плана-графика:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{1} = \frac{2,8}{1} = 2,8 \text{ д.}$$

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

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

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

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Пример расчета для перевода длительности этапа из рабочих в календарные дни для составления и утверждения технического задания, плана-графика:

$$T_{ki.инж} = 2,8 \cdot 1,48 = 4 \text{ кд.}$$

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где  $T_{кал}$  – общее количество календарных дней в 2022 году;  $T_{вых}$  – общее количество выходных дней в 2022 году;  $T_{пр}$  – общее количество праздничных дней в 2022 году.

Для остальных этапов работы расчеты проводятся аналогично.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 12.9.

Таблица 12.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{\min}$ , чел-дни		$t_{\max}$ , чел-дни		$t_{\text{ож}}i$ , чел-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4	-
2. Обзор научной литературы	-	6	-	8	-	6,8	-	6,8	-	10
3. Выбор направления исследования	3	5	5	7	3,8	5,8	4,8	4,8	7	7
4. Подготовка образцов для исследования	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
5. Проведение лабораторных исследований, направленных на изучение реологических характеристик водоугольного топлива	-	11	-	15	-	12,6	-	12,6	-	19
6. Анализ полученных результатов	2	5	3	7	2,4	5,8	4,1	4,1	6	6
7. Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9

Продолжение таблицы 12.9

8. Разработка электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	-	8	-	10	-	8,8	-	8,8	-	13
9. Написание раздела «Социальная ответственность»	-	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9
10. Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	-	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	12
11. Составление пояснительной записки	-	5	-	8	-	6,2	-	9,2	-	9
<b>Итого:</b>	7	62	12	85	9	71,2	11,7	71,5	17	103

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 12.10).

Таблица 12.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Обзор научной литературы	Исп2	10	█	█												
3	Выбор направления исследования	Исп1 Исп2	7		█	█											
4	Подготовка образцов для исследования	Исп2	9			█	█										
5	Проведение лабораторных исследований,	Исп2	19				█	█	█								

№	Вид работ	Исп	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	направленных на изучение реологических характеристик водоугольного топлива						■	■	■						
6	Анализ полученных результатов	Исп1 Исп2	6					▨	■						
7	Разработка структурной, функциональной схем, выбор оборудования	Исп2	9						■						
8	Разработка электрической схемы, монтажной схемы и щита управления	Исп2	13							■	■	■			
9	Написание раздела «Социальная ответственность»	Исп2	9									■			
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Исп2	12										■	■	■
11	Составление пояснительной записки	Исп2	9												■

Примечание:

▨ – Исп. 1 (научный руководитель), ■ – Исп. 2 (инженер)

Общее количество рабочих дней  $T_{pi}$  для инженера 71,5; для научного руководителя 11,7. Общее количество календарных дней  $T_{ki}$  для инженера 103, для руководителя 17.

### 5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

### 5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении исследуемого образца ВУТ. Результаты расчета затрат представлены в таблице 12.11.

Таблица 12.11 – Затраты на получение исследуемого образца ВУТ

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Вода дистиллированная	л	0,5	30	15
Угольный шлам	кг	1	50	50
ПАВ	кг	1	110	110
<b>Итого:</b>				175

### 5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и

эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Расчет нормы амортизации для магнитной мешалки с подогревом «PL – HR – basic»:

$$H_A = \frac{1}{10} = 0,1;$$

Расчет нормы амортизации для криостата «Kiss К6»:

$$H_A = \frac{1}{20} = 0,05.$$

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot И}{12} \cdot m,$$

где  $И$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, мес.

Расчет амортизации для магнитной мешалки с подогревом «PL – HR – basic»:

$$A = \frac{0,1 \cdot 32000}{12} \cdot 0,15 = 8 \text{ руб.}$$

Расчет амортизации для криостата «Kiss К6»:

$$A = \frac{0,05 \cdot 248000}{12} \cdot 0,15 = 103 \text{ руб.}$$

Таблица 12.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	Н <sub>д</sub> , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Магнитная мешалка с подогревом «PL – HR – basic»	1	10	0,15	10	32000	307
2	Криостат «Kiss K6»	1	20	0,1	5	248000	103
<b>Итого:</b>							410 руб.

### 5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 12.9).

Расчет основной заработной платы для научного руководителя:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2490,2 \cdot 11,7 = 29135,34$$

Расчет основной заработной платы для инженера:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2132,7 \cdot 71,5 = 29135,34$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{59475 \cdot 10,3}{246} = 2490,2 \text{ руб.},$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{40560 \cdot 11,2}{213} = 2132,7 \text{ руб.},$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 30500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 59475 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 20800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 40560 \text{ руб.},$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 12.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 12.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}, руб$	$k_{np}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_m, руб$	$Z_{\partial n}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{ocн}, руб$
Руководитель	30500	0,3	0,2	1,3	59475	2490,2	11,7	29135,34
Инженер	20800	0,3	0,2	1,3	40560	2132,7	71,5	152488,05
Итого:								181623,39

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 29135,34 = 4370,3 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 152488,05 = 22873,21 \text{ руб.}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

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

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (29135,34 + 4370,3) = 10051,7 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (152488,05 + 22873,21) = 52608,38 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 12.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
410	175	181623,39	27243,51	62660,08	272111,98

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}},$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование реологических характеристик водоугольного топлива» по форме, приведенной в таблице 12.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научных исследований.

Таблица 12.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	175	428,3	820,1	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	410	920,5	1125,7	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	181623,39	181623,39	181623,39	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	27243,51	27243,51	27243,51	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	62660,08	62660,08	62660,08	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	54480,6	54480,6	54480,6	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИР		326592,58	327356,38	327953,38	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данного НИ рассмотрены:

- 1) система контроля устойчивости водоугольного топлива с применением лопастной мешалки;
- 2) система контроля устойчивости водоугольного топлива с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 326592,58$  руб,  $\Phi_{\text{исп.1}} = 327356,38$  руб,  $\Phi_{\text{исп.2}} = 327953,38$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{326592,58}{327953,38} = 0,996;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{327356,38}{327953,38} = 0,998;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{327953,38}{327953,38} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущее исследование) с меньшим

перевесом считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения научного исследования ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 12.17).

Таблица 12.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,05	5	5	5
2. Динамическая точность системы	0,2	5	5	3
3. Удобство в эксплуатации	0,05	4	4	3
4. Надежность	0,2	4	4	4
5. Качество регулирования	0,2	5	5	4
6. Простота наладки	0,1	4	4	4
7. Срок эксплуатации	0,2	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	4,43	4

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,43;$$

$$I_{p3} = 0,05 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{\text{р-исп.}i}}{I_{\text{финр}}},$$

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{4,65}{0,996} = 4,668;$$

$$I_{\text{исп.}2} = \frac{4,43}{0,998} = 4,438;$$

$$I_{\text{исп.}3} = \frac{4}{1} = 4.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта научного исследования сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 12.18).

Таблица 12.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,996	0,998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,43	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,668	4,438	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,86

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущее исследование). Наше научное исследование является более эффективным по сравнению с конкурентами.

## Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. В первой части проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Проведен анализ конкурентных технических решений. С помощью SWOT-анализа выявлены сильные, слабые стороны научного исследования, яркими представителями которых является экологичность и сложность приготовления, соответственно, а также возможности и угрозы. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 107 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 103 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 17 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 326592,58 руб;

4. Результат оценки эффективности НИ показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,996, что является показателем того, что НИ является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИ составляет 4,65, по сравнению с 4,43 и 4;

3) значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 4,668, по сравнению с 4,438 и 4, и является наиболее высоким, что означает,

что техническое решение, рассматриваемое в НИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
5Б8В		Верходанов Данила Андреевич	
<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	НОЦ Бутакова
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01. Теплоэнергетика и теплотехника

Тема ВКР:

<b>Автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования: Автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива</p> <p>Область применения: ООО «СпецХимТехнология», Томск, Россия.</p> <p>Рабочая зона: производственное помещение</p> <p>Размеры помещения: 50 м<sup>2</sup></p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-датчик измерения плотности (3);</li> <li>-лопастная мешалка (1);</li> <li>-датчик измерения уровня (1);</li> <li>-импеллерный насос (1);</li> <li>-контроллер программируемый (1).</li> </ul> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</p> <p>Измерение кинетической устойчивости водоугольного топлива.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ;</li> <li>-Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»;</li> <li>-ГОСТ 22269-76 «Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования».</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-повышенный уровень шума;</li> <li>-повышенный уровень общей вибрации;</li> </ul>

<p>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p>	<p>-отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения.  Опасные факторы:  -производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работник.  Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты:  -глушители шума;  -противошумы;  -виброизолирующие устройства;  -виброизолирующие перчатки;  -изолирующие устройства и покрытия;  -каска защитные;  -диэлектрические перчатки.</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b></p>	<p>Воздействие на литосферу:  -загрязнение почвы из-за утечки топлива.  Воздействие на гидросферу:  -разлив водоугольного топлива при транспортировке;  Воздействие на атмосферу:  -выбросы загрязняющих веществ при продувке технологического оборудования.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:</b></p>	<p>Возможные ЧС:  -техногенные ЧС (пожары, угроза взрывов)  Наиболее типичная ЧС:  -пожар</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8В	Верходанов Данила Андреевич		

## 6 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива» посвящена изучению процесса контроля кинетической устойчивости топливных суспензий, состоящих из воды, угольных отходов или шламов, поверхностно-активных веществ. Благодаря поддержанию топлива в стабильном (устойчивом) состоянии, топливо может быть использовано на производстве в любое время.

Рабочая зона: производственное помещение. Размеры помещения: 50 м<sup>2</sup>. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: датчик измерения плотности (3), датчик измерения уровня (1), импеллерный насос (1), лопастная мешалка (1), контроллер программируемый (1).

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: измерение и контроль кинетической устойчивости водоугольного топлива.

Основная задача работы – поддержание водоугольного топлива в устойчивом состоянии, путем перемешивания лопастной мешалкой, а также с помощью патрубка снабженным насосом для осуществления рециркуляции в резервуаре. При отсутствие данной системы, производственные процессы, связанные с сжиганием водоугольного топлива, могут затягиваться, в связи с тем, что топливо не соответствует необходимым требованиям качества.

В данном разделе будут отмечены все основные моменты, связанные с социальной ответственностью на каждом этапе разработки данного проекта.

## 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

### 6.1.1 Специальные трудовые нормы правового законодательства

По результатам специальной оценки условий труда рабочее место оператора относится к вредным условиям труда 3 класса [8]. Согласно Трудового кодекса РФ устанавливается несколько видов гарантий и компенсаций для работников, занятых на работах с вредными и/или опасными условиями труда:

- доплата за работу во вредных/опасных условиях – минимум 4% от тарифной ставки (оклада), действующей для работ с нормальными условиями труда;
- сокращенная продолжительность работы (рабочая неделя – не более 36 часов, рабочий день (смена) – максимум 8 часов при 36-часовой рабочей неделе, максимум 6 часов при 30-часовой рабочей неделе) для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.3 и 3.4 и на опасных работах;
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск сроком не меньше 7 календарных дней для работников, занятых на работах с подклассом вредности 3.2, 3.3 и 3.4 или на опасных работах;
- выдача молока и других равноценных пищевых продуктов либо лечебно-профилактического питания по установленным нормам;
- выдача специальной одежды, обуви, других средств индивидуальной защиты, а также смывающих и обезвреживающих средств [9].

К работе инженером-оператором допускаются лица, достигшие совершеннолетнего возраста, при наличии соответствующей квалификации, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие медицинских противопоказаний. Обязательным для оператора является проверка знаний

требований безопасности труда и получение допуска к самостоятельной работе [10].

### 6.2.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Согласно [11] при размещении органов управления на рабочем месте оператора должны выполняться следующие эргономические требования:

- расположение органов управления должно обеспечивать равномерность нагрузки обеих рук и ног человека-оператора;
- расположение функционально идентичных органов управления должно быть единообразным на всех панелях рабочего места;
- органы управления, связанные с определенной последовательностью действий оператора, должны группироваться таким образом, чтобы действия оператора осуществлялись слева направо и сверху вниз;
- органы управления, применяемые только для технического обслуживания и регулировки, должны размещаться отдельно от остальных органов управления или быть изолированными от человека-оператора на период выполнения им основной работы.

Согласно [11] взаимное расположение элементов рабочего места оператора должно обеспечивать:

- возможность осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования. При этом должны учитываться ограничения, налагаемые спецодеждой и снаряжением человека-оператора;
- необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

Согласно [11] средства отображения информации на рабочем месте оператора необходимо группировать и располагать группы относительно друг друга в соответствии с последовательностью их использования или с

функциональными связями элементов систем, которые они представляют. При этом средства отображения информации необходимо размещать в пределах групп так, чтобы последовательность их использования осуществлялась слева направо или сверху вниз.

## 6.2 Производственная безопасность

При проведении исследований и дальнейшей разработки проектируемого решения согласно ГОСТ 12.0.003-2015, в таблице 1 приведен перечень возможных опасных и вредных факторов.

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора топливного резервуара

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015)	Нормативные документы
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 2146-ст), Введ. 1.11.2015
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

1) Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током

На любом рабочем месте существует опасность поражения электрическим током. При этом электрический ток производит термическое, электролитическое, биологическое воздействие на организм человека. Действие электрического тока приводит к местным электротравмам и электрическим ударам [12]. Напряжение прикосновения и токи, протекающие

через тело человека при нормальном режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 20 [12].

Таблица 20 – Значения напряжений прикосновений и токов

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

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях [12]:

1. при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
2. при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
3. при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

1. своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
2. наличие общего рубильника;
3. установки защитного заземления;
4. изолирование токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
5. использование средств индивидуальной защиты головы и рук (каска защитные, диэлектрические перчатки);
6. постоянный контроль изоляции [13].

2) Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума

Повышенный уровень шума возможен за счет наличия в помещении большого количества различного производственного оборудования, такого как двигатели лопастной мешалки и импеллерного насоса. Известно, что данный фактор непосредственно ухудшает условия труда, оказывая на организм вредное воздействие. При длительном воздействии на организм осуществляется воздействие на нервную систему человека, органы слуха, повышается кровяное давление, способствующее возникновению сердечно-сосудистых заболеваний. Предельно допустимый уровень шума на рабочих местах регламентирован документом. Согласно п.6 СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003, в таблице 21 указаны допустимые уровни шума.

Таблица 21 – Допустимые уровни шума [14]

Назначение помещений или территорий	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для измерительных и аналитических работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	103	91	83	77	73	70	68	66	75
Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий, территории предприятий с постоянными рабочими местами	107	95	87	82	78	75	73	71	80

При повышенном уровне шума применяют глушители шума, а также противошумы, в качестве средств индивидуальной защиты органов слуха.

### 3) Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Свет создает нормальные условия для трудовой деятельности. Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое и физиологическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм. При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы, искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света. Так же используют совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. Для достаточной освещенности помещений используется совмещенное использование источников света. Так как естественное освещение не создает требуемый уровень освещенности, то на рабочих местах предусмотрено использование разрядных ламп, повышающих освещенность до 700 лк. Требуемый уровень освещенности для работ категории средней точности IV должен быть не ниже 300 лк при использовании комбинированного или 200 лк при естественного способа освещения [15].

### 4) Повышенный уровень общей вибрации

Такой вредный фактор как вибрация возникает в процессе эксплуатации оборудования. Источниками вибрации являются вращающиеся части клапанов, подвижные элементы электродвигателей. Для помещения оператора вибрация соответствует 3 категории типа «в» - технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах или передающиеся на рабочие места, не имеющие источников вибрации [16]. Повышенная вибрация может оказывать влияние на увеличение кровяного давления, нарушения сна, обострения нервных и сердечно-сосудистых заболеваний. В операторной вибрация не превышает предельно допустимые величины нормируемых параметров вибрации рабочих мест при длительности вибрационного воздействия 8 ч, которые в пересчете на эквивалентные значения составляют:

1. по виброускорению – 0,145 м/сек<sup>2</sup> (100 дБ);
2. по виброскорости – 0,12 м/с (75 дБ).

В качестве защиты от повышенного уровня общей вибрации необходимо использовать виброизолирующие устройства и виброизолирующие перчатки.

### 6.3 Экологическая безопасность

#### **Защита атмосферы**

При продувке технологического оборудования происходит выбросы загрязняющих веществ. Для защиты атмосферы необходимо производить очистку оборудования в специальных помещениях, которые оснащены воздушными фильтрами и системами вентиляции, что позволяет избежать загрязнение атмосферы.

#### **Защита гидросферы**

При транспортировке водоугольного топлива существует угроза возникновения аварийных ситуаций, связанных с утечкой топлива. Большие объемы утечки топлива могут негативно сказаться на водоемах и грунтовых водах, расположенных вблизи аварийного участка.

Чтобы не допустить аварийную ситуацию, необходимо заранее проверять все оборудование, используемое при транспортировке топлива.

### **Защита литосферы**

Твердые частицы, содержащиеся в топливе, при утечке осаждаются на поверхности земли и загрязняют почву. Еще одним источником загрязнения являются зола и шлак, образующиеся в процессе сгорания топлива, которые далее складываются в золошлакоотвалах. Золошлакоотвалы загрязняют не только поверхность почвы. Твердые частицы через почву попадают в грунтовые воды, а также попадают в атмосферу.

Для предотвращения такого опасного источника загрязнения необходима своевременная утилизация золошлаковых отходов.

#### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможные чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на данном объекте: пожары, взрывы, разрывы резервуаров.

При использовании жидкого топлива необходимо контролировать состояние:

1. емкостей с горючим путем внешнего осмотра и измерения температуры в них. Признаками самовозгорания являются повышение температуры, появление характерного запаха;
2. трубопровода, путем внешнего осмотра и измерения температуры в нем.

Одна из самых типичных чрезвычайных ситуаций – это пожар.

Возгорание может произойти на месте установки промышленного нагревателя из-за выхода из строя данного оборудования. Еще одним местом возгорания может стать цех. В цехе хранится много взрывоопасного топлива. Часто пожары здесь происходят из-за проблем с топливоподачей.

Согласно перечню, указанному в [17], в данных помещениях необходимо устанавливать автоматические установки пожаротушения и автоматические установки пожарной сигнализации. Своевременно принятые меры пожарной безопасности могут предупредить возгорание и не допустить поломок в системе оборудования:

- персонал предприятия должен проходить тренировочные учения для того чтобы знать, как действовать в ЧС;
- в обязанности дежурного по смене входит осмотр оборудования в конце каждого рабочего дня. При обнаружении поломок их устраняют в кратчайшие сроки;
- приборы под напряжением и легковоспламеняющиеся вещества необходимо размещать вдали от источника огня;
- цех должен быть оснащен автоматической системой пожарной безопасности, а также датчиками задымления.

В случае возникновения пожара сотрудники предприятия должны предпринять следующую последовательность действий:

1. сотрудник, заметивший воспламенение, должен незамедлительно сообщить о пожаре главному по смене;
2. начальник по смене доносит информацию до пожарной службы;
3. до прибытия спасателей весь персонал, не задействованный в тушении, удаляется с объекта возгорания;
4. электричество во всем здании должно быть отключено, а также прекращены все работы до начала тушения;
5. при поломках в автоматической системе пожаротушения необходимо включить ее ручную;
6. ответственный персонал должен приступить к тушению воспламенения с помощью первичных средств пожаротушения;
7. главный по смене выделяет сотрудников, которые встретят пожарные бригады и укажут им кратчайший путь к очагу возгоранию.

Класс возможного пожара на данном объекте определен на основании [18]: (В) – пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов.

По пожарной и взрывопожарной опасности производственное помещение относится к категории В3.

Необходимое количество и тип огнетушителя определено, согласно [19], приведено в таблице 22.

Таблица 22 – Нормы оснащения помещения огнетушителями

Класс пожара	Тип огнетушителя			
	Порошковые	Пенные и водные	Углекислотные	Хладоновые
В	1	-	-	-

#### Вывод по разделу

В процессе выполнения данного раздела были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что, соблюдая определенные нормы и правила, возможно наладить стабильное производство, не подвергая опасности окружающую среду и людей.

Следует добавить, что помещение по электробезопасности согласно ПУЭ относится к помещению с повышенной опасностью, характеризующимся наличием токопроводящего пола [17].

Согласно [20], инженер-оператор АСР должен иметь соответствующую группу по электробезопасности – III группа. III группа по электробезопасности

позволяет работнику производить отключения, переключения, выключения электрооборудования, выполнять работы в порядке текущей эксплуатации, наблюдать за безопасностью других членов бригады.

Тяжесть труда, согласно СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» относится к категории 1б.

Категория помещения по взрывопожарной и пожарной опасности согласно [21], соответствует категории В3: горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б

Также, согласно [22], данный объект относится к объектам II категории, оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

## Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы была разработана автоматическая система управления процессом контроля кинетической устойчивости водоугольного топлива.

Разработана проектная документация: схема структурная, схема функциональная, схема электрическая соединений, схема монтажная и общий вид щита.

Пояснительная записка к проекту содержит подробное описание основного оборудования, приборов и технических средств автоматизации, экспериментальных исследований.

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведена оценка коммерческой ценности, разработанной АСУ с точки зрения финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

## Список используемых источников

1. Zhang Y, Shu G, Gao S, Wang H. Viscosity-temperature characteristics of high-concentration coal-oil slurry preheated by light solvent. *Fuel Process Technol* 2021;224:107009. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.107009>.
2. Routray A, Senapati PK, Padhy M, Das D. Effect of mixture of natural and synthetic surfactant and particle size distribution for stabilized high-concentrated coal water slurry. *Int J Coal Prep Util* 2019;0:1–16. doi:10.1080/19392699.2019.1592166.
3. Routray A, Das D, Parhi PK, Padhy MK. Characterization, stabilization, and study of mechanism of coal-water slurry using Sapindous Mukorossi as an additive. *Energy Sources, Part A Recover Util Environ Eff* 2018;40:2502–9. doi:10.1080/15567036.2018.1503755.
4. Wang R, Liu J, Gao F, Zhou J, Cen K. The slurring properties of slurry fuels made of petroleum coke and petrochemical sludge. *Fuel Process Technol* 2012;104:57–66. doi:10.1016/j.fuproc.2012.07.006.
5. Xu M, Liu H, Zhao H, Li W. Effect of oily sludge on the rheological characteristics of coke-water slurry. *Fuel* 2014;116:261–6. doi:10.1016/j.fuel.2013.07.114.
6. Wang R, Liu J, Gao F, Zhou J, Cen K. The slurring properties of slurry fuels made of petroleum coke and petrochemical sludge. *Fuel Process Technol* 2012;104:57–66. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.07.006>.
7. ИмPELLерный насос Liverani GR Maxi 470. Каталог продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://promnasos.com/catalog/impeller\\_pumps/liverani/10489/](https://promnasos.com/catalog/impeller_pumps/liverani/10489/), свободный. – Загл. с экрана.
8. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.
9. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

10. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
11. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
12. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
13. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
14. Приказ от 18 июня 2003 года N 315. Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией».
15. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
16. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), приказ от 8 июля 2002 г. N 204.
17. Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 года N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок».
18. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
19. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 года N 2398, «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий».
20. Приказ Минтруда России N 988н, Минздрава России N1420н от 31.12.2020 «Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры».

- 21.ГОСТ 22269-76 Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
- 22.ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 23.Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 года N 1479, «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».
- 24.СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- 25.Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на тэс : учебник для вузов / В. С. Андык. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 407 с.
- 26.Волошенко А. В., Горбунов Д. Б. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2008. – 108 с.