

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: Электроэнергетика и электротехника

ООП «Высоковольтная электротехника и технологии»

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование режимов обработки водо-угольной суспензии электроразрядным методом для улучшения её характеристик

УДК УДК 621.3.015.5:662.758.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Юдин Артём Сергеевич	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Антоневич О.А.	к.биол.наук		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Кузнецова Н.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Пушкарев А.И.	д.ф.-м.н., профессор		

**Планируемые результаты освоения ООП
«Высоковольтная электротехника и технологии»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий
ПК(У)-2	Способен работать в научном коллективе в качестве члена команды, а также руководить командой в соответствующей области знаний
ПК(У)-3	Способен самостоятельно проводить исследования
ПК(У)-4	Способен решать научные и инженерные задачи наукоемкого производства
ПК(У)-5	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности
ПК(У)-6	Способен обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу научно-исследовательского и технологического оборудования

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 ООП «Высоковольтная электротехника и технологии»
 Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 А.И.Пушкарев

Обучающийся:

Группа	ФИО
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович

Тема работы:

Исследование режимов обработки водо-угольной суспензии электроразрядным методом для улучшения её характеристик	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 40-54_с от 09.02.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	13.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные данные, результаты прохождения практик
Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1 Обзор литературы 2 Собрать схему ВУС для исследования 3 Провести термическую обработки ВУС электроразрядным методом, в разных режимах ГИН 4 Провести хроматографический анализ синтез-газа 5 Заключение 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7 Социальная ответственность
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина В.А., доцент ШБИП, к.э.н.
Социальная ответственность	Антоневич О.А., доцент ШБИП, к.биол.наук
Разделы, выполненные на	Щеголихина Ю.В., доцент ШБИП, к.фил.наук.

иностранном языке	
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
1 Схема исследования	
2 Хроматографический анализ синтез-газа	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2023
---	------------

Задание выдал:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Юдин Артём Сергеевич	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович		

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 ООП «Высоковольтная электротехника и технологии»
 Уровень образования: магистр
 Отделение материаловедения
 Период выполнения: весенний семестр 2022-2023 учебного года

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Студент

Группа 4ТМ11	ФИО Жумаев Сайфулло Сатторович
------------------------	--

Тема работы:

Исследование режимов обработки водо-угольной суспензии электроразрядным методом для улучшения её характеристик
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	13.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01/04/23	Обзор литературы	20
28/04/23	Сборка схемы ВУС для исследования	30
12/05/23	Термическая обработка ВУС электроразрядным методом, в разных режимах ГИН	30
13/04/23	Хроматографический анализ синтез-газа	5
17/04/23	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
27/04/23	Социальная ответственность	10
Итого		100 баллов

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Юдин Артём Сергеевич	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Пушкарев Александр Иванович	д.ф.-м.н., профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 99 страниц, 22 рисунков, 24 таблиц, 58 источников и 1 приложений.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД (ЭР), ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИМПУЛЬС (ЭИ), ВОДОУГОЛЬНЫЕ СУСПЕНЗИИ (ВУС), ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (ВН), ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНОГО НАПРЯЖЕНИЯ (ГИН), РАЗРЯДНАЯ КАМЕРА (РК), СИНТЕЗ ГАЗ (СГ).

Для исследования использовалась установка электроимпульсного (ЭИ) измельчения, содержащая пятиступенчатый генератор импульсных напряжений.

Цель: Спроектировать и собрать стенд для исследования режимов обработки водо-угольной суспензии электроразрядным методом для улучшения её характеристик, произвести обработку Водоугольной суспензии различного состава электроразрядным методом. Провести хроматографический анализ образующегося газа.

Объект исследования: Водоугольная суспензия и продукты её разложения в процессе обработки электрическими разрядами

Научная новизна: Разработан циркуляционная разрядная камера задача которого равномерное разрушение материалов в составе ВУС

Практическая значимость разработан стенд, включающий разрядную камеру, систему циркуляции, измерения давления и отбора проб газа при обработке ВУС, которые может быть использован в дальнейшем для проведения исследования.

Обозначения и сокращения

ЭИ – электрический импульс;

ПУ – пульт управления

ВСХ – вольт-секундная характеристика

НИИ ВН – научно-исследовательский институт высоких напряжений

ГИН – генератор импульсных напряжений

ПУ – пульт управления

ВТ – высоковольтный трансформатор

ВУТ – водоугольное топливо

ВУС – водоугольная суспензия

ШБМ – шаровая барабанная мельница

РАМП – роторный аппарат модуляции потоков

ТЭС тепловая электростанция

ВНИПИ – всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт

ЭГД – электрогидравлический дробилка

ЗОС – золоосадительной станции

Оглавление

РЕФЕРАТ	6
Введение	10
1 Общие понятия о водоугольной суспензии (ВУС).....	11
1.1 Способы получения ВУС.....	13
1.1.1 Электрогидравлический способ получения ВУС	14
1.2 Сферы применения ВУС.....	16
1.2.1 ВУС для мазутных ТЭС и котельных	16
1.2.2 ВУС для двигателей внутреннего сгорания	17
1.2.3 ВУС для газогенераторов и агрегатов с комбинированным парогазовым циклом	17
1.2.4 Прямое сжигание в котельных	18
1.3 Газификация с получением генераторного или синтез газа	20
1.3.1. Характеристики используемых углей для газа фиксации.....	21
1.3.2 Крупность частиц угля и процентное соотношение компонентов	22
1.3.4 Простые химические элементы.....	23
1.4 Зольность получаемых суспензий и методы её понижения	25
1.4.1 Характеристика системы золоудаления	28
1.4.2 Сложности при получении и применении	28
1.5 Газификация.....	30
1.6 Преобразование жидкого углеводорода в искусственную нефть	31
1.6.1 Получение легких бензиновых фракций.....	33
1.7 Электроразрядное воздействие на ВУС.....	34
1.7.1 Явления, происходящие в жидкости при электрогидравлическом эффекте	35
1.8 Схемные решение приготовление ВУС.....	39
1.8.1 Приготовление ВУС осуществлялось на гидроударном узле мокрого помола (ГУУМП).....	41
1.9 Особенности электроразрядных технологий для получения ВУС	42
1.10 Энергетические характеристики уже опробованных подходов	43
1.10.1 Гранулометрический метод дробление ВУС	43
1.10.2 Приготовление ВУС гидроударом способом	43
1.10.3 ЭИ дробление ВУС	43
2. Методика эксперимента.....	44
2.1 Описание ГИН	44
3 Описание камеры для обработки и системы циркуляции	46
3.1 Структурная схема исследование ВУС электроимпульсные воздействием	47
3.2 Предварительные эксперименты ВУС электроимпульсном способом без циркуляции насоса.....	48
4 Полученные результаты	50
4.1 Энергетическая характеристика полученных результатов	50
4.2 Качественный состав газов после обработки ЭИ методом.....	50
4.3 Результаты отбор газов при обработки.....	52
4.4 Результаты термогравиметрический анализа	53
Вводы.....	53
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57
5.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	57
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	58
5.1.2 SWOT-анализ	61
5.2 Разработка устава научно-технического проекта	65
5.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИОКР	65

5.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ	66
5.2.2.1	Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок.....	67
5.3.1	Расчет амортизации специального оборудования	68
5.3.2	Основная заработная плата исполнителей НИИ	69
5.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей НИИ	71
5.3.4	Отчисления на социальные нужды	71
5.3.5	Формирование сметы затрат НИИ.....	72
5.4	Определение ресурсоэффективности исследования	73
5.4.1	Определение ресурсоэффективности исследования	74
6	Социальная ответственность	78
6.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	78
6.2	Производственная безопасность.....	83
6.2.1	Производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде (повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума).....	84
6.2.2	Электрические, магнитные, электромагнитные поля на рабочих местах.....	84
6.2.3	Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения.....	85
6.2.4	Расчет общего равномерного освещения.....	86
6.2.5	Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током.....	89
6.2.6	Статическое электричество.....	89
6.3	Экологическая безопасность.....	90
6.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	91
	Заключение	95
	Список используемых источников	97
	Приложение А	102

Введение

Достаточная обеспеченность ресурсами и доступное энергоснабжение является основой функционирования общественного производства, предпосылкой и решающим фактором экономического роста. В истории развития мировой экономики отчетливо прослеживается связь между развитием энергетической базы и научно-техническим прогрессом. На каждом этапе своего исторического развития общество может использовать только те ресурсы, для потребления которых созданы необходимые технические средства. Это приводит к значительной инерции при переходе всей энергетики и ее отдельных компонентов с одного вида энергоресурса на другой, более экологически чистый. Поэтому актуальность темы в последние годы обусловлена проблемой модернизации производственных процессов с точки зрения энергоэффективности, экологической безопасности и охраны труда как стратегического направления на современном этапе развития экономики страны [1,2].

Одной из крупнейших сфер энергопотребления на сегодняшний день является транспорт, на долю которого приходится около 29% от общего конечного потребления всех энергоресурсов. Синтезируя газы, получаемые при обработке ВУС, можно получить топлива для транспорта.

С созданием экологически чистых и недорогих гидротопливных и энергетических комплексов на основе использования водоугольных суспензий увеличится доля угля в топливно-энергетическом балансе многих стран, что повысит их энергетическую безопасность [2].

В настоящее время существует необходимость создания и разработки новых способов получения топлива определенного качества с использованием вторичных ресурсов. Кроме того, это топливо должно быть максимально экологичным. Метод электроимпульсной обработки ВУС дает возможность улучшить ее химического состава и получить синтез газов,

1 Общие понятия о водоугольной суспензии (ВУС)

ВУС – это смеси угля с водой, возникшие вначале в виде отходов мокрых процессов обогащения и побочных продуктов обезвоживания угля.

Впервые ВУТ были применены в середине 60-х и начале 70-х прошлого столетия, и были разработаны для этого составы ВУС [1].

Свойства и характеристики ВУС зависят от технологии их получения, а также от технологии транспортировки до потребителя и применения на энергетическом объекте.

К главным свойствам водоугольной суспензии относятся следующие:

- низкая теплота сгорания.
- зольность угля в суспензии
- большие размеры частиц
- относительно большое содержание частиц различных размеров
- массовая доля твердой фазы
- деформационные свойства: эффективная вязкость, начальное

напряжение сдвига

- сохранения стабильности при транспортировке и хранении

К варьируемым параметрам относятся следующие

- Состав и концентрация твердой фазы ВУС
- Дисперсность твердой фазы, ее гранулометрический состав,

содержание жидкой фазы

- Концентрация и тип добавок в жидкой среде ВУС
- Степень обогащения твердой фазы (содержание минеральных

примесей).

- Магистральный трубопроводный транспорт
- Закономерности проявления и формирования реологических

характеристик ВУС.

Водоугольную суспензию можно распределить по группам, по предельным значениям диапазонов варьирования параметров и их процентное содержание в суспензии, которая приведена в таблице 1 [2].

Таблица 1- Классификация угольных суспензий

Параметры	Обозначение и единица измерения	Диапазон изменения параметра	Вид водоугольной суспензии
Максимальная крупность частиц в суспензии	d_{max} , мм	< 0.01	Ультратонкие
		$0.010 << 0.5$	Тонкодисперсные
		$0.2 < < 13$	Грубодисперсные
		$13 <$	Угольные шлам
Массовая доля твердой фазы в суспензии	C_p , %	$0 < C_p < 45$	Низкоконцентрированные
		$45 \leq C_p < 55$	Среднеконцентрированные
		$C_p < 75$	Угольные пасты
		$55 \leq C_p < 75$	Высококонцентрированные
Зольность угля в суспензии	A^p , %	$A^p < 1$	Ультрачистые
		$1 \leq A^p \leq 8$	Малозольные
		$8 < A^p \leq 20$	Среднезольные
		$20 < A^p \leq 70$	Высокозольные
		$70 < A^p$	Отходы

При гидро и механогидравлической добыче угля получают низкоконцентрированную угольную пульпу с максимальным размером частиц до 100 мм. Гидротранспорт угольной пульпы обычно осуществляется на небольшие расстояния (до 10-15 км) с помощью насосов высокого давления по трубопроводам в турбулентном режиме.

Для магистрального водного транспорта на расстояние 100 км и более наиболее пригодны крупнодисперсные среднеконцентрированные и мелкодисперсные высококонцентрированные гидроугольные суспензии (трубопровод «Блек Месса» и «Белово-Новосибирский» опытный углепровод [2].

Высококонцентрированные водоугольные суспензии представляют собой готовые энергетические топлива, максимальный размер частиц

которых соответствует твердой фазе пылеугольного горения (от 200 до 500 мкм). Размер частиц водоугольных суспензий, предназначенных для сжигания в тепловых машинах, должен быть значительно меньше (не более 10 мкм) для обеспечения максимального выгорания топлива при малом времени пребывания в ядре сгорания.

Вода во взвешенном состоянии представляет собой инертный материал, снижающий теплотворную способность топлива. Поэтому в процессе изготовления необходимо добиться максимального значения массовой концентрации твердой фазы, обеспечив при этом необходимую текучесть суспензии. Эффективными способами достижения оптимальных теплотворных свойств и транспортабельности водно-углеродных суспензий являются регулирование гранулометрического состава частиц твердой фазы и применение пластификаторов.

Одной из важнейших характеристик водоугольных суспензий является их зольность, которая определяется содержанием негорючих минеральных компонентов в рабочей массе водоугольной суспензии, или в исходном угле. Увеличение зольности угля в водоугольной суспензии и увеличение влажности воздуха приводят к снижению энергетической ценности топлива. При сжигании высокочистых и малозольных суспензий конечно гарантируется наивысшая эффективность использования и экологическая чистота топлива, но при этом резко возрастают затраты на переработку суспензии. Следует отметить, что в настоящее время разрабатывается процесс глубокого обогащения угля, обеспечивающий зольность отработываемой угольной массы в пределах 1–2,5 % [2,3].

1.1 Способы получения ВУС

Гидравлический трубопровод, разработанный институтом ВНИПИ при участии итальянской компании Snamprogetti [1,2,3], предусматривал использование угля либо из установки обезвоживания (ОП) шахты «Инская» (класс угля 0-3 или 0,5-13 мм, марки Г Грамотеинского пласта или привозных

углей марок Г и Д). Основным технологическим процессом производства водоугольной суспензии является мокрый помол угля. Использовали двухступенчатое измельчение: часть угля в двухкамерной шаровой мельнице марки 1456А, а другую, большую часть угля, в стержневой мельнице МШЦ 1500 мм х 3000 мм.

По технологии 2-х стадийного измельчения осуществляют тонкий (до класса 0-25) мокрый помол (30-35) % угля в присутствии пластификатора НФУ (СЗ) в шаровой мельнице, а окончательный помол - выносили остаток массы угля (65-70) % вместе со шламом после шаровой мельницы, мельницы отводили на стержневую мельницу. Готовую суспензию откачивают из бака с помощью винтовых насосов [4].

1.1.1 Электрогидравлический способ получения ВУС

Разработка и применение технологий производства водоугольного топлива (ВУТ) позволяет повысить надежность, экологическую и экономическую эффективность котлоагрегатов ТЭС. Существующая технология производства ВУТ предусматривает механический способ измельчения рядового угля, что сопровождается повышенными энергозатратами и механическим износом рабочих органов оборудования: шаровых мельниц, кавитаторов и т. п. В работе [4] рассмотрено использование высоковольтных импульсных разрядов в жидкости для измельчения карьерного угля. В жидкости последовательные высоковольтные разряды создают электрогидравлические эффекты, способные совершать механическую работу по дроблению бурого угля Канско-Ачинского месторождения и смешиванию его с водой [4]. Блок-схема модели электрогидравлического дробления угля представлена на рисунке 1.

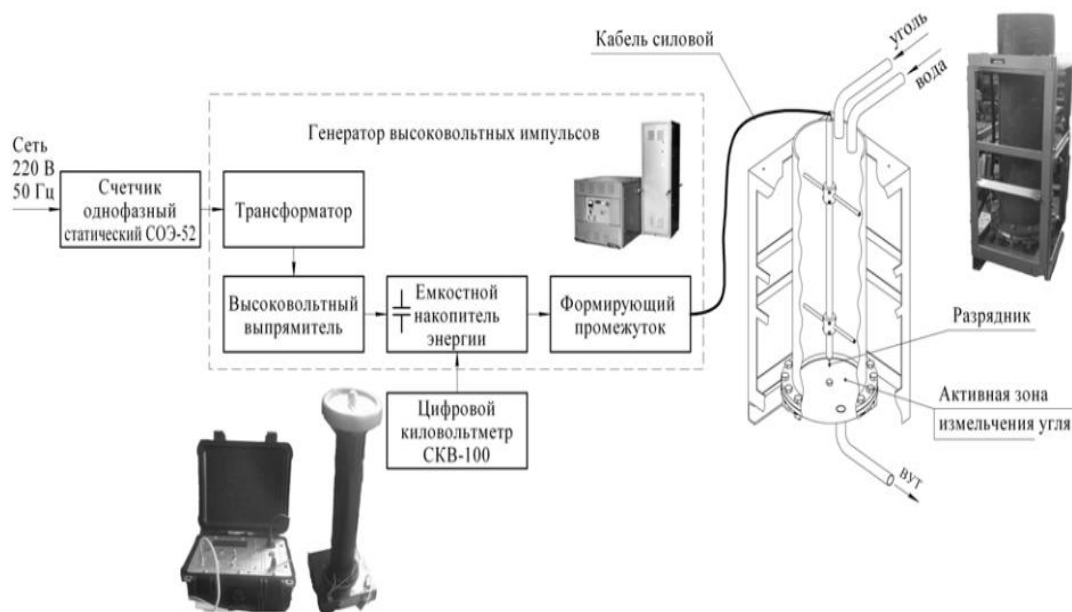


Рисунок 1 - Блок-схема модели электрогидравлического дробления угля

Установка представлена: унифицированный серийный генератор высоковольтных импульсов типа «Зевс-24», измерительной аппаратурой и активной зоны с рабочим разрядником. В активную зону ячейки загружались образцы бурого угля. Конструкция активной зоны ячейки позволяла одновременно загрузить 5...6 кг угля и 10-12 л воды. При проведении исследований для каждой партии загружаемого угля проведено не менее 300 разрядов с периодом следования импульса $T=0,8$ с. Работа ЭГД сопровождалась повышенным уровнем импульсных акустических шумов, сильными вибрациями в активной зоне. При напряжении разряда менее 12 кВ наблюдались тепловые разряды без возникновения гидроударов. Высоковольтное напряжение, на выходе генератора, составило (15-22) кВ. Полученные образцы угля после дробления отделялись от жидкости и рассеивались через набор стандартных сит. В состав установки входят: унифицированный серийный генератор высоковольтных импульсов типа «Зевс-24», измерительные приборы и активная зона с рабочим разрядником. Образцы бурого угля загружали в активную зону ячейки. Конструкция

активной зоны ячейки позволяла загружать сразу (5 до 6) кг угля и (10-12) л воды. При проведении испытаний на каждую партию угля подавали не менее 300 разрядов с периодичностью импульсов $T=0,8$ с. Работа электрогидравлического дробления следовала повышенный уровень шума и сильными вибрациями в активной зоне. При напряжении разряда менее 12 кВ тепловые разряды наблюдались без гидравлического удара. Высокое напряжение на выходе генератора составляло (15-22) кВ [5].

1.2 Сферы применения ВУС

1.2.1 ВУС для мазутных ТЭС и котельных

Два обстоятельства определяют актуальность использования ВУС для мазутных ТЭС. Первое из них диктуется стратегическими интересами стран, энергетика которых (например, Японии) базируется в основном на нефтяных топливах, второе — экономическими задачами. Цены на мазут в связи с увеличением глубины переработки нефти и увеличением выхода легких фракций растут даже при относительной стабильности цен на нефть. В настоящее время цены на мазут превышают цены на сырую нефть [5,6].

Использование суспензий из угля обычной зольности (10-12 % и более) на мазутных ТЭС и в котельных сопряжено с необходимостью их оснащения системами золо и шлакоудаления, подобными тем, которые применяют на угольных ТЭС. Однако если зольность суспензий не превышает 5 %, системы пылеулавливания мазутных ТЭС нуждаются лишь в сравнительно небольшой модернизации. Обогащение угля до такой зольности, как известно, не требует применения дорогостоящих методов химической деминерализации или масляной агломерации. Для обогащения угля до зольности 5 % пригодны технология осаждения в циклонах с тяжелыми средами и колонная флотация.

Водоугольные суспензии как замену части мазута в промышленном масштабе применяют на ТЭС и в тепловых котельных. Особенно показательны успехи Японии. Первой фирмой, разработавшей промышленную технологию производства и утилизации угольномазутных

суспензий, стала корпорация «Мицубиси». С 1985 г. такое топливо используют в двух энергоустановках мощностью 265 МВт каждая. На ВУС работает пилотная ТЭС мощностью 7,5 МВт при расходе топлива 3,2 т/ч. Агрегаты мощностью 60 и 100 МВт потребляют ВУС до 21 т/ч. На некоторых приморских ТЭС были модернизированы системы сжигания и золоудаления, что позволяет использовать водоугольное топливо в промышленном масштабе. Суспензию сжигают совместно с мазутом, как правило, ночью или во время значительного снижения нагрузок [6].

Построены и функционируют опытно-промышленные установки производства ВУС, предназначенные для замены мазута, в США, Италии, Швеции, Германии, Китае [6].

1.2.2 ВУС для двигателей внутреннего сгорания

Тепловые генераторы ТЭС и котельных являются двухконтурными. Тепловая энергия продуктов сжигания топлива передается рабочему телу (водяному пару) через теплообменные стенки, отделяющие топливные камеры от контура парообразования. Напротив, в двигателях внутреннего сгорания продукты сжигания, а с ними и водяной пар являются совокупным рабочим телом в едином для них объеме камеры. Часть тепла, выделяющегося при сжигании топлива, расходуется на испарение воды, что облегчает охлаждение двигателя. Поэтому использование ВУС в двигателях внутреннего сгорания по совокупному тепловому эффекту экономически перспективнее, чем в двухконтурных тепловых агрегатах [6,7].

1.2.3 ВУС для газогенераторов и агрегатов с комбинированным парогазовым циклом

Определены два направления использования суспензий высокой степени очистки и дисперсности в генераторах энергии. Первое из них — прямое сжигание в виде суспензий (рассмотрено ранее), второе —

предварительная газификация суспензии с последующим сжиганием генераторного газа в газовых турбинах и реализация избыточной тепловой энергии газогенератора в виде перегретого пара в паровой турбине. Это направление получило развитие в энергоустановках комбинированного парогазового цикла. Перспективность использования ВУС в газогенераторах сводится к возможности подавать суспензию в реактор насосами высокого давления. Это делает процесс загрузки газогенераторов непрерывным и избавляет их от сложных в эксплуатации на сухом топливе шлюзовых камер, затворов и питателей, обеспечивающих их работу в периодическом режиме при высоких давлении и температуре. Часть входящей в ВУС воды (примерно половина) в газогенераторах полезно расходуется на образование водорода и оксида углерода в результате диссоциации при высоких температуре и давлении. Воду (15 % массы угля) подают и в обычные газогенераторы, работающие на угле влажностью (10 до 15) %. Такое использование содержащейся в ВУС воды исключает затраты энергии на ее испарение при прямом сжигании суспензий [7].

1.2.4 Прямое сжигание в котельных

Зажигание частицы водоугольного топлива в условиях, соответствующих топочному устройству котельных агрегатов ТЭС

Одной из важнейших проблем технологии использования ВУТ является определение временных характеристик основных стадий процессов термической подготовки и условий зажигания частиц водоугольного топлива. Эти параметры играют решающую роль в обосновании конструктивных характеристик топочных и запальных устройств котельных агрегатов, работающих на ВУТ.

Рассматривается задача тепломассопереноса при зажигании частиц водоугольного топлива, в условиях, соответствующих топочному устройству котельных агрегатов. При моделировании процесса зажигания частицы ВУТ была принята следующая гипотеза: предполагалось, что в начальный момент

времени ($t = 0$) частица водоугольного топлива попадает в топочное пространство и нагревается за счет конвекции и излучения (рисунок 2)

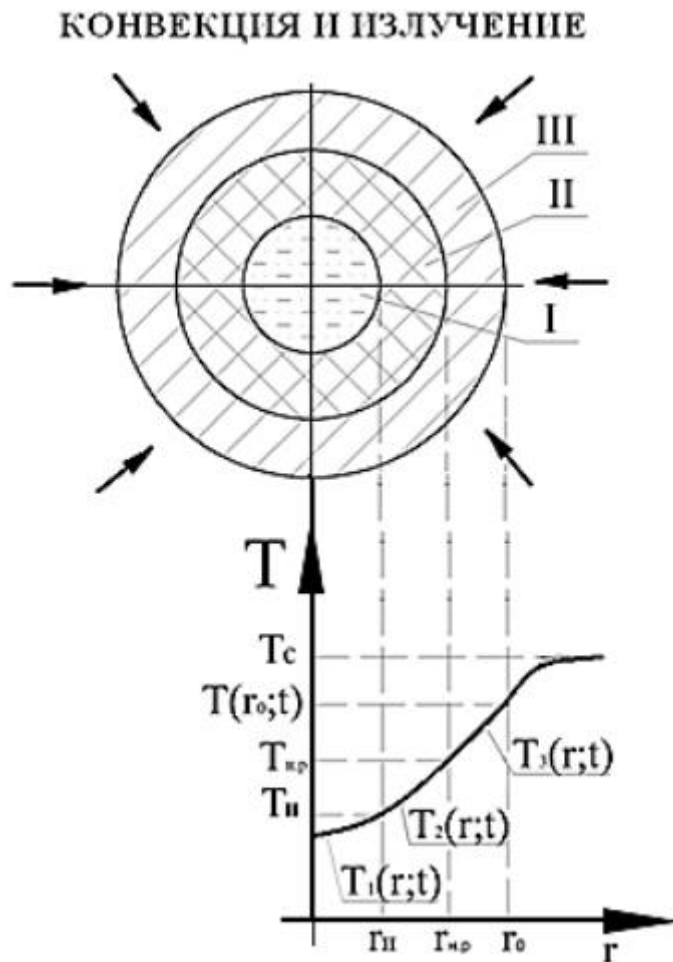


Рисунок 2- Схема - определение временных характеристик ВУС в стадий термической подготовки: I – зона, влагонасыщенного топлива (исходное состояние); II – зона «обезвоженного» угля, температура которого меньше $T_{кр}$; III – зона «обезвоженного» угля в стадии термического разложения ($T(r) \geq T_{кр}$). T_c – температура внешней среды; $T_{н.р}$ – температура начала процесса термического разложения; T_i – температура испарения влаги;

Нагрев поверхности частицы инициирует процесс испарения влаги. По мере прогрева ВУТ фронт испарения продвигается от поверхности вглубь частицы. Температура на границе фронта испарения зависит от интенсивности испарения. В результате формируется слой пористого сухого топлива, температура в каждой точке которого с течением времени

повышается. Размер пор определяется соотношением массовых долей системы «вода-пар». Испарившаяся влага фильтруется через пористый углеродистый каркас. Водяной пар вступает в эндотермическое химическое взаимодействие с углем (остающимся после завершения процесса влагоудаления). При достижении на поверхности частицы условия $T_p \geq T_{np}$ (T_p – температура поверхности) в частице начинается разложение органической части топлива с выделением летучих. По мере дальнейшего прогрева и роста температуры в каждой точке частицы фронт ($T(r,t) = T_{np}$) продвигается вглубь топлива. В итоге формируется структура, которую можно разделить на три характерные зоны (рисунок 2): (I) – влагонасыщенное топливо (исходное состояние); (II) – «обезвоженного» уголь, температура которого меньше T_{np} ; (III) – сухой уголь в стадии термического разложения ($T(m) \geq T_{np}$). Продукты термической деструкции и химического взаимодействия углеродистого твердого остатка и водяных паров вдуваются в «пристенную» область. Формируется газовая смесь, воспламеняющаяся при достижении критических значений температуры и концентрации (рисунок 2). Период времени от начала теплового воздействия на частицу до начала интенсивного (с появлением пламени) химического взаимодействия парогазовой смеси с окислителем, является временем задержки воспламенения [6,7].

1.3 Газификация с получением генераторного или синтез газа

На сегодняшний день преобладающее число энергетических предприятий в качестве исходного производственного сырья применяют органические и синтетические топлива. Согласно существующей тенденции развития традиционной энергетики, ведущая роль в топливно-энергетическом балансе отдается углю [8].

В свою очередь рост потребления угля приводит к ухудшению экологии - значительными выбросами оксидов азота, углерода, серы и золы [8], [9]. При переработке угля образуются отходы, также представляющие

опасность для окружающей среды. К настоящему времени в мире накоплено более 1 млрд. тонн. Одним из современных решений является получение синтез-газа путем газификации ВУТ и его дальнейшее использования в энергоустановках [9]. Перевод низкосортного угля и отходов в ВУТ для получения синтез-газа позволит улучшить экологическую обстановку и повысить экономический эффект. ВУТ - композиционное жидкое топливо, содержащее смесь угольной пыли и воды с добавками поверхностно-активных веществ или без таковых [9]. Основные достоинства ВУТ - снижение эксплуатационных затрат на (20 до 30%), уменьшение себестоимости вырабатываемой тепловой энергии в 1,3 – 4 раза. Однако, газификация имеет до конца не решенные проблемы, связанные с механизмом процесса [9], от которого зависит качество получаемого газа и его эффективное сжигание. Это вызывает необходимость получения новых методов приготовления ВУТ.

Российскими учеными проводилось исследование ВУС для получения синтез газа проводились с помощью метода синхронного термического анализа на оборудовании типа Netzsch STA 449 F3 и приставки в виде квадрупольного масс-спектрометра QMS 403 D Aeolos для анализа выделяющегося синтез-газа.

1.3.1. Характеристики используемых углей для газа фиксации

Таблица 1.3.1- Классификация углей по маркам.

Марка угля	Обозначение марки угля
Длиннопламенный	Д
Газовый	Г
Газовый жирный	ГЖ
Жирный	Ж
Коксовый	К
Коксовый жирный	КЖ
Отощенный спекающийся	ОС
Слабоспекающийся	СС
Тощий	Т
Антрацит	А

Водоуголь имеет заданные реологические, седиментационные и топливные характеристики. Параметры водоугля четко регламентированы национальными стандартами Китая, которые могут применяться в качестве эталона также, для водоугольного топлива характерны следующие свойства: температура воспламенения (800—850) °С, температура горения (950—1150) °С, теплотворная способность (3700-4700) ккал. Степень сгорания углерода более 99 %. Водоуголь пожара- и взрывобезопасен [9].

Таблица 1.3.2 - Регламентированная стандарт угля.

Парметры	I Класс	II Класс	III Класс	Стандарт Китая
Содержание угля,%	≥ 65	65 ~ 65	60 ~ 63	GB/T18856.2
Вязкость	≤1200мПа/с	≤1200мПа/с	≤1200мПа/с	GB/T18856.4
Теплота сгорания (низшая) ,Ккал	≥ 4700	4420-4660	4000-4420	GB/T213
Зольность ,%	≤ 6	6 ~ 8	8~10	GB/T213
Содержание серы ,%	≤ 0,35	0,35 ~0,65	0,65~0,80	GB/T214
Температура плавления золы	≤ 1250	≤ 1250	≤ 1250	GB/T219
Частиц более 300 мкм, %	≤ 0,05	0,05 ~0,20	0,20~0,80	GB/T18856,3
Частиц до 75 мкм ,%	≥75,0	≥75,0	≥75,0	GB/T18856,6
Содержание летучих ,%	>30	20 ~ 30	≤ 20	GB/T18856,7

1.3.2 Крупность частиц угля и процентное соотношение компонентов

Маркировка угля — это классификация по качеству с целью промышленного использования угля. Угли подразделяются на марки и технологические группы; в основу такого подразделения положены параметры, характеризующие поведение углей в процессе термического воздействия на них. Российская классификация отличается от западной [12].

Приблизительно качество угля определяется по цвету черты на фарфоровой пластинке.

Таблица 1.3.2.1-Российская маркировка угля.

Марки угля	Буквенные обозначение	Выход летучих веществ V^r , %	Содержание углерода C^r , %	Теплота сгорания Q^r_b , ккЛ/кг
Бурые	Б	41 и более	Менее 76	6900-7500
Длиннопламенные	Д	> 39	76	7500-8000
Газовые	Г	36	83	7900-8600
Жирные	Ж	30	86	8300-8700
Коксовые	К	20	88	8400-8700
Отощечно-спекающийся	ОС	15	89	8450-8780
Тощие	Т	12	90	7300-8750
Антрациты	А	Менее 8	91	8100-8750

Компоненты каменного угля условно можно разделить на 3 группы

1. Простые химические элементы
2. Сложные органические соединения (петрографический состав)
3. Минеральные примеси



Рисунок 3 - Каменный уголь.

1.3.4 Простые химические элементы

Практически все химические элементы в угле находятся в связанном виде. Они входят в состав органических и неорганических соединений.

Наибольшее практическое значение имеют

Углерод(C):(75до92)%

Углерод является основным элементом органических соединений. От его количества зависит теплота сгорания угля. Он входит в состав органической части материала. Содержание элемента повышается в процессе метаморфизма. Больше всего углерода в антраците (до 97%), меньше – в буром угле (60до70) %.

Водород(H):(2,5до5,7)%

Теплота сгорания водорода в 4 раза выше, чем у углерода. Но в чистом виде этот элемент становится взрывоопасным. Количество вещества снижается в зависимости от степени метаморфизма. У бурого и каменного углей оно выше, чем у антрацита. Много водорода в сапропелитах – разновидностях угля, образованного из низших видов растений [13,14].

Кислород(O):(1,5до15)%

Количество кислорода снижается в процессе метаморфизма. В торфе этот элемент составляет около 40%, в буром угле (10до30) %, в антраците – (1до2) %. При высоком содержании кислорода ускоряются процессы окисления и сгорания материала.

Азот(N)(1до3)%

Элемент имеет органическое происхождение. Его процентное содержание снижается в процессе генезиса угля [15].

Сера(S):(0до4)%

Сера может попадать в каменный уголь как в процессе разложения растительных остатков, так и из окружающей пласты породы. При сгорании топлива она окисляется и превращается в сернистый газ SO₂. При растворении газа в воде образуется серная кислота. Она повреждает стенки котлов. Поэтому количество серы в топливном угле строго регламентируется. Самое вредное соединение серы – сульфид (S₂O). Около 70-80% соли переходит в газообразное состояние при нагревании. Выделяются сернистый газ и сероводород, загрязняющие атмосферу [16,17].

Фосфор(P):до0,03%

Фосфор – один из элементов, входящий в состав органических веществ. Его содержание должно регулироваться в коксе. Если фосфор попадает в сталь, качество сплава резко снижается [18,19].

Хлор(Cl):(0,015до0,15)%

Содержание хлора в углях колеблется от (0,015 до 0,15)%. В так называемых «соленых углях» показатель может достигать 1%. Если показатель выше 0,3%, затрудняется сжигание топлива. При окислении и растворении в воде хлор образует соляную кислоту. Она вызывает коррозию металла, повреждение стенок котлов.

Мышьяк(As)

Мышьяк попадает в уголь из грунтовых вод, и лишь незначительная часть имеет органическое происхождение. Этот элемент в высоких концентрациях встречается «пятнами» в некоторых месторождениях. При сжигании топлива он может попадать в золу и воздух. При высоком содержании мышьяк вредит экологии, провоцирует онкологические заболевания [19,20].

ГОСТ 32464-2013 регулирует содержание ряда элементов в угле:

1.Сера – до 2,8% (обогащенный), 3% (необогащенный), 4,6% (рядовой)

2.Хлор – до 0,6%

3.Мышьяк – до 0,02%

1.4 Зольность получаемых суспензий и методы её понижения

Все виды твердого топлива содержат неорганические соединения, входящий на состав угля и минеральные примеси, которые при сгорании топлива переходят в золу

Зола – это твердый негорючий остаток, получающееся при сжигании угля, представляет собой продукт полного окисления и термически превращений минеральных компонентов угля.

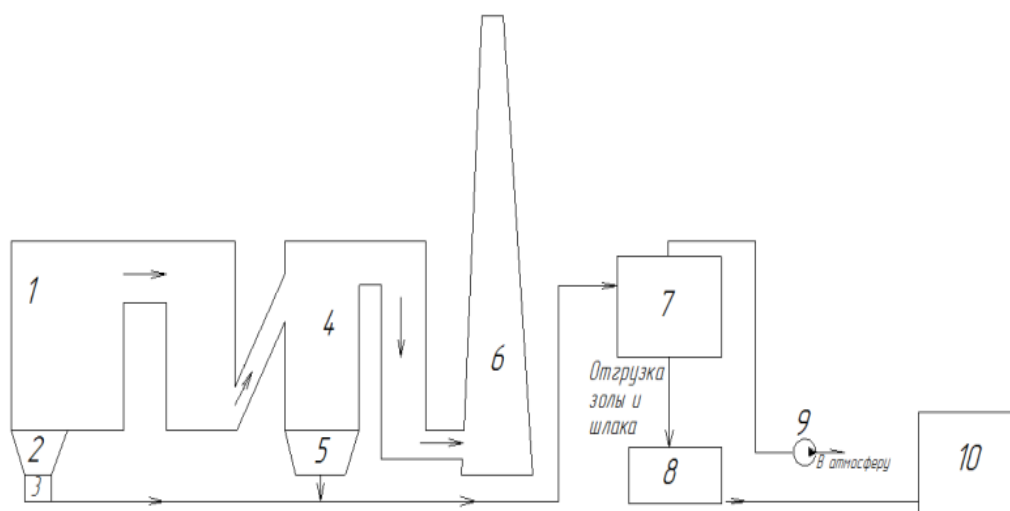


Рисунок 4 - Структурная схема золоулавливания

Схема золоулавливания и золошлакоудаления котельной 1-котёл; 2-шлаковый бункер; 3- шлаковая дробилка; 4- батарейный циклон; 5-зольный бункер; 6-дымовая труба; 7-золоосадительная станция; 8-автотранспорт; 9-вакуумные насосы; 10-золошлакоотвал.

Описание структурной схемы золоулавливания и ее оборудования
Шлак с колосниковой решётки сбрасывается в шлаковый бункер, откуда шлак попадает в шлаковую дробилку, дробится до нужной фракции и удаляется. Дымовые газы проходя через хвостовые поверхности нагрева направляются в батарейный циклон, очищаются, уловленная зола оседает в зольном бункере и удаляется [20].

Транспортировка золы и шлака осуществляется в трубах потоком воздуха поочередно из всех точек выхода очаговых остатков. В пределах котельной все разветвления трубопроводов пневмотранспорта объединяются в один магистральный шлакозолопровод, по которому смесь с концентрацией дробленого шлака и золы направляется в осадительную камеру, откуда воздух с неуловленной в камере пылью, поступает в циклон-пылеотделитель, затем воздух через побудитель движения-вакуумный насос, сбрасывается в атмосферу. Осадительные устройства расположены под бункеромнакопителем золы и шлака. Зола и шлак выгружается из бункера в

автосамосвалы. Для устранения пыления при выгрузке из бункера установлен специальный шнековый питатель, в котором шлак и зола смачиваются водой [21].

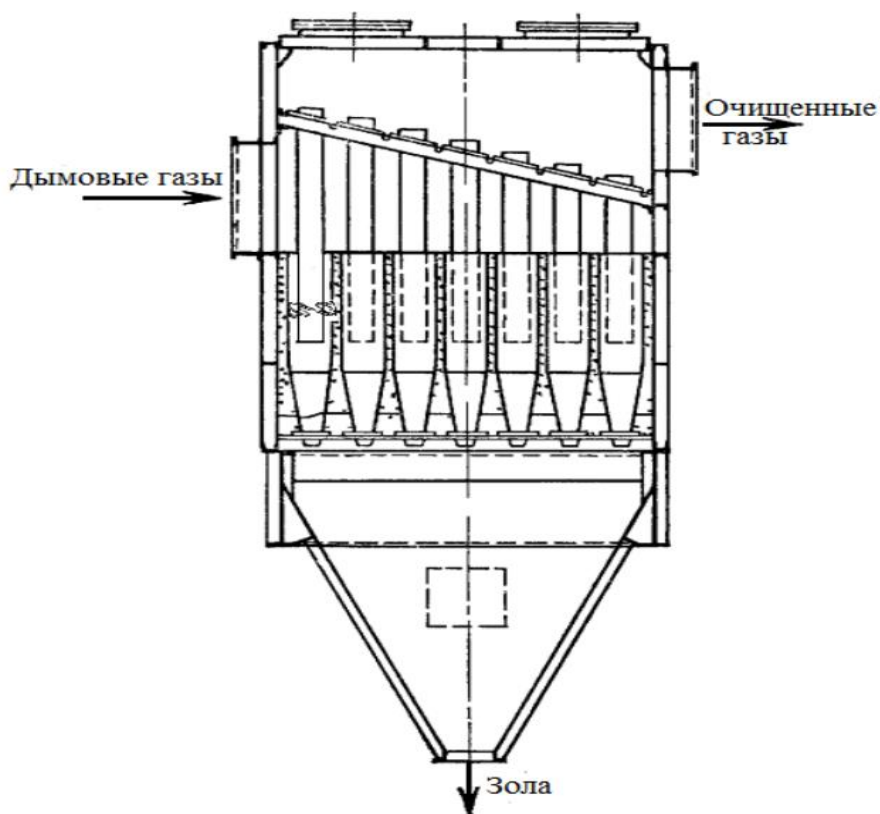


Рисунок 5- Батарейный циклон БЦ-2-7x(5+3)

Принцип работы: Дымовые газы попадают в секции циклона одним потоком, равномерно распределяется по входному сечению. Далее газы подводятся в циклоны и из-за закручивающего аппарата начинают вращение. За счёт центробежной силы твёрдые частицы газа прижимаются к корпусу циклона и опускаются по конической части корпуса вместе с газовым потоком. Спирально вихревое движение образует пониженное давление в середине циклона, из-за этого дымовые газы меняет направление движения из нижней части конуса и направляются вверх по центру корпуса циклонного элемента в трубу для выхлопов. Зола оседает в бункер, откуда ее удаляют [21,22].

1.4.1 Характеристика системы золоудаления

Зола и шлак удаляются пневмомеханическим способом (вакуумным). Вакуум в системе создается с помощью вакуумных насосов, установленные в конце системы. Зола из золоуловителя и шлак из шлаковых бункеров поступают в золопровод, вместе с ними засасывается воздух, который перемещает их до циклонов. Зола и шлак, улавливаются в циклонах и сбрасываются в бункер золоосадительной станции (ЗОС). Очищенный воздух поступает в вакуумные насосы из которых выбрасывается в атмосферу. Плюсы такой системы является простота эксплуатации, герметичность и компактность оборудования [21,22,23].

1.4.2 Сложности при получении и применении

Основным критерием при выборе способов приготовления ВУС для использования ее для выработки энергии в теплотехнологических аппаратах без предварительной подготовки является получение суспензии с приемлемыми для гидротранспорта и устойчивого сжигания свойствами. Достижение необходимых параметров возможно ограниченным количеством воздействий:

- обеспечением на стадии приготовления точно подобранного гранулометрического состава ВУС;
- введением химических добавок (с водой, на стадии измельчения топлива, в готовую суспензию);
- обеспечением турбулентного режима течения в гидропроводе;
- активацией суспензии в различных гидродинамических аппаратах (в месте приготовления, на стадиях перекачки, при транспорте, хранении) и некоторых других (подогрев, подгазовка и пр.) [23,24].

Суспензия содержит не менее 40 процентов воды, на испарение которой нужно затратить энергию. А еще больших затрат энергии требует процесс получения самой суспензии. Чтобы смолоть тонну сухого угля,

пригодного для использования на ТЭЦ, необходимо затратить (15-20) киловатт-часов, аналогичные энергозатраты при приготовлении суспензии, предназначенной для транспортирования по трубам, могут превосходить 100 киловатт-часов на тонну. Наконец, при измельчении жидких смесей износ оборудования и, следовательно, затраты на его амортизацию в разы более высокие, чем при сухом помоле", — аргументирует свое скептическое отношение к ВУТ Ходаков (Генрих Соломонович Ходаков – доктор физико-математических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института горючих ископаемых РАН (ИГИ РАН) [25]. По словам специалиста, перспективы использования водно-угольного топлива связывались с тем, что за счет экономии на транспортных расходах можно будет возместить повышенные издержки на приготовление и использование ВУТ: "Стоимость кузбасского угля в европейской части России раза в три превосходит стоимость угля в Кузбассе. Поскольку наиболее низкими издержками отличается трубопроводный транспорт, появилась идея транспортировать уголь по трубам. Расчеты показали, что такой способ транспортировки становится выгодным лишь на расстоянии от 500 километров». Отчасти подобный скептицизм разделяет и главный инженер "Мосэнерго" Владимир Сергеев. По его мнению, процесс подготовки водно-топливной смеси для сжигания экономически более эффективен по сравнению с отгрузкой угля железнодорожным транспортом и дальнейшим измельчением топлива до консистенции сахарной пыли. Однако Сергеев обращает внимание на сложности при использовании ВУТ: "Основной недостаток связан с тем, что водно-угольное топливо сильно увлажнено. Топки котлов электростанций "Мосэнерго" рассчитаны на сжигание сухого угля с влажностью четыре-десять процентов, поэтому из ВУТ нужно испарять влагу до сжигания, сохраняя при этом калорийность топлива" [26].

1.5 Газификация

Основная цель газификации заключается в получении синтез-газа, пригодного для конверсии углеводородов. Энергетическая сущность газификации состоит в том, что исходную калорийность топлива накапливают в окиси углерода и водороде, то есть твердое топливо переводится в газообразное со значительным сохранением теплотворной способности, а ее экологичность заключается в том, что сложные органические соединения, опасные для окружающей среды, переводятся в простые и безопасные, процессы горения идут в восстановительной атмосфере водорода и окиси углерода, благодаря чему не образуются диоксины и окислы азота. В основу классификации способов газификации могут быть положены различные принципы. По состоянию топлива в газогенераторе различают способ газификации в неподвижном слое или в медленно опускающемся слое твердого топлива, газификацию в кипящем слое, газификацию в потоке пылевидного топлива. Другая классификация основана на различии способов подвода тепла к реактору газификации.

По этой классификации различают процессы автотермические и аллотермические. По состоянию топлива в газогенераторе:

- газификация в неподвижном слое;
- газификация в медленно опускающемся слое твердого топлива;
- газификация в кипящем слое;
- газификация в потоке пылевидного топлива.
- По способам подвода тепла к реактору газификации:
 - автотермический – необходимое для газификации тепло получают путем сжигания части введенного топлива в присутствии кислородсодержащих газифицирующих агентов;
 - аллотермический – тепло подводится извне с помощью твердого или газообразного теплоносителя. По принципу организации потока:

- мелкозернистый или пылевидный уголь газифицируют при подаче в одном направлении угля и газообразного газифицирующего агента;
- процесс газификации проводят в неподвижном слое.

Одной из наиболее перспективных технологий энергетического использования угля является приготовление водоугольных суспензий, которые представляют собой композиционное жидкое топливо, обладающее заранее заданными технологическими и реологическими свойствами для обеспечения минимальных эксплуатационных затрат при его приготовлении, хранении, транспортировании, сжигании или газификации. Водоугольное топливо является на сегодняшний день перспективным энергоресурсом как в плане замены жидкого котельного топлива – мазута, так и в качестве альтернативы природному газу. Для получения газа необходима термическая переработка ВУТ – газификация [27].

1.6 Преобразование жидкого углеводорода в искусственную нефть

Разработкой технологии четвертого поколения GTL сейчас занимаются несколько групп в различных странах, в том числе и в России – группа ученых под эгидой компании ИНФРА Технологии. На созданных компанией пилотных установках GTL проводятся испытания новых модификаций катализаторов и экспериментально исследуются влияние различных параметров процесса на эффективность технологии. Схема типичной установки синтеза жидких углеводородов из синтез-газа приведена на рисунке 6 [27].

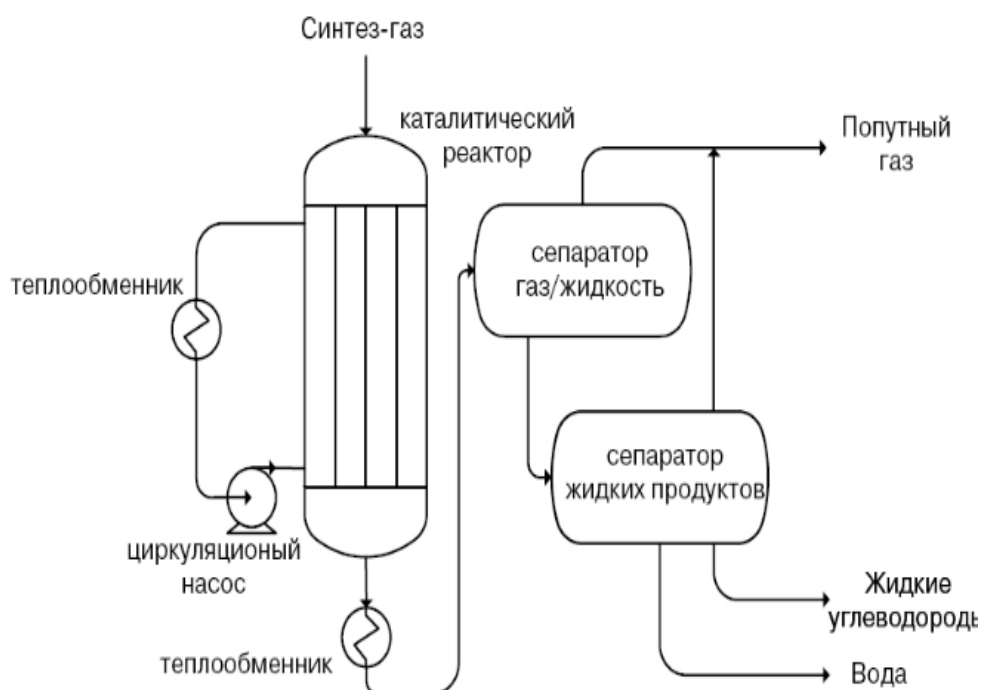


Рисунок 6- Принципиальная схема процесса Синтез Фишера-Тропша

Технология позволяет перерабатывать газ непосредственно на месте и использовать имеющихся нефтепроводы для транспортировки, что экономически более выгодно. Во-вторых, GTL позволяет утилизировать попутные газы месторождений нефти, а также сдувочные газы НПЗ, обычно сжигаемые "на свече". В-третьих, полученные по этой технологии моторные топлива превосходят нефтяные аналоги по эксплуатационным и экологическим показателям.

Процесс Фишера-Тропша – это химическая реакция в присутствии катализатора, в которой монооксид углерода (CO) и водород (H₂) преобразуются в различные жидкие углеводороды. Технология GTL включает в себя два основных этапа: сначала частичное окисление углеводородного газа в так называемый синтез-газ, затем получение синтетических жидких углеводородов из синтез-газа на катализаторе в процессе Фишера-Тропша. В качестве катализаторов используются обычно железо или кобальт. Для повышения эффективности реакции проводятся исследования по улучшению структуры катализатора, используются

различные модификации реакторов, подбирают оптимальные условия протекания синтеза и т.д. В последние годы в GTL наблюдается переход к четвертому поколению технологии, характеризующимся более высокой интенсификацией процесса и производством так называемого монопродукта (синтетической нефти и/или нескольких ее фракций). За счет упрощения технологической схемы (за счет отсутствия необходимости дополнительной переработки продуктов реакции) удельные капиталовложения в новой технологии уменьшаются по крайней мере на (25 до 30) % по сравнению с третьим поколением [27,28].

1.6.1 Получение легких бензиновых фракций

Изомеризация бензиновых фракций - это процесс соединения линейных углеводородов в соединения с разветвленной цепью, которые имеют более высокое октановое число.

Говоря простым языком химиков-технологов, процесс изомеризации бензина предполагает превращение низкооктановых фракций нефти с использованием катализаторов в высокооктановый коммерческий бензин [28].

Преимущества изомеризация бензиновых фракций:

- относительная дешевизна по сравнению с другими технологиями;
- смешивание изомеризата с другими компонентами товарных бензинов;
- возможность понижать содержание в них вредных веществ до уровня соответствия требованиям техрегламента к классу Евро-3 и Евро-4;
- углубление техпроцесса переработки нефтяных продуктов на НПЗ путем использования легкой прямогонной фракции, которая ранее реализовывалась как сырье для НХЗ, в товарную, более дорогостоящую продукцию - бензин.

1.7 Электроразрядное воздействие на ВУС

Сущность этого способа состоит в том, что внутри объема жидкости находится в открытом или закрытом сосуде специально сформированное импульсное электричество в виде разряда (искрового, кистевого и др.). В зоне образования возникают сверхвысокие гидравлические давления, которые способны совершать полезную механическую работу и сопровождаются комплексом физических и химических явлений [29]. В лаборатории была подготовлена электрогидравлическая установка для обработки угля. Электрогидроимпульсная установка выполнена в виде конструктивных агрегатов, состоящих из генератора импульсных напряжений, управляемого разрядника, ячейки, блока поджига, делителя напряжения, токового шунта и пульта управления. Схема электрогидроимпульсной установки и отдельные агрегаты приведены на рисунке 7.

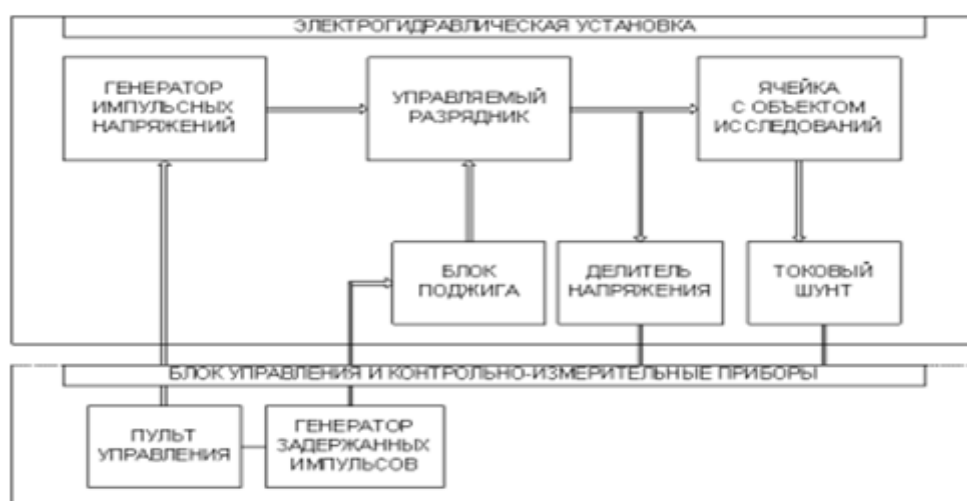


Рисунок 7 - Блок-схема электрогидроимпульсной установки

Экспериментальный стенд работает следующим образом. После включения пульта управления подается управляющее напряжения и генератор вырабатывает высоковольтные импульсы напряжения заданной энергии, которые через управляемый разрядник и высоковольтные линии

передаются на электродную систему рабочей ячейки участка с объектом исследования [29].

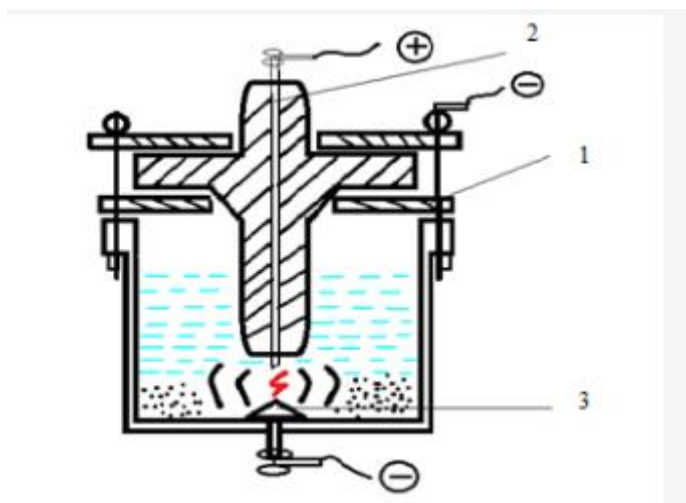


Рисунок 8. - Рабочая ячейка, предназначенная для дробления: 1 – крышка рабочей ячейки, 2 — электрод положительной полярности, 3 — металлический стержень отрицательной полярности

Получение водоугольной суспензии с возможностью применения на объектах энергетики, отличающийся тем, что водоугольную суспензию получают путем электро- и термоактивации мелкодисперсных частиц угля в суспензии электрическим разрядом по всему объему емкости с возможностью достижения агрегативной и седиментационной устойчивости суспензии за период обработки. В процессе электроразрядной обработки в ВУС дополнительно образуются углеродные наноматериалы.

1.7.1 Явления, происходящие в жидкости при электрогидравлическом эффекте

Для создания электрогидравлических ударов в жидкости была предложена схема (рисунок 9), включающая источник питания с конденсатором в качестве накопителя электрической энергии. Напряжение на конденсаторе повышается до значения, при котором происходит

самопроизвольный пробой воздушного формирующего промежутка, и вся энергия, запасенная в конденсаторе, мгновенно поступает на рабочий промежуток в жидкости, и выделяется в виде короткого электрического импульса, а большой мощности далее процесс при заданных емкости и напряжении повторяется с частотой, зависящей от мощности питающего трансформатора [30].

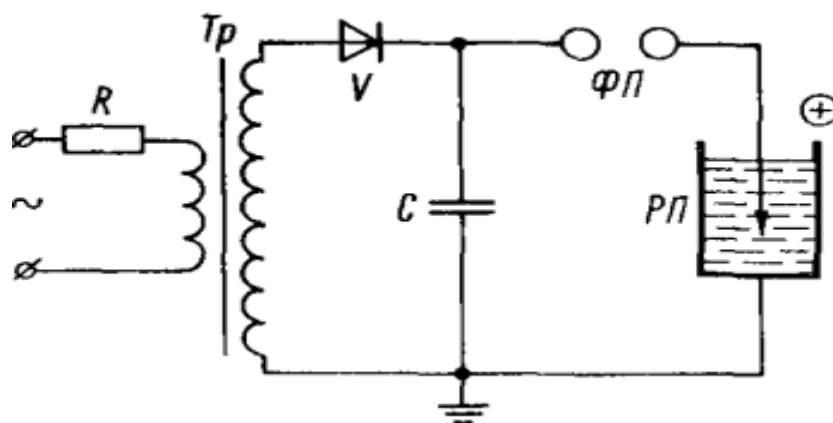


Рисунок 9 - Электрическая схема для воспроизведения ЭГЭ с одним формирующим промежутком (К — зарядное сопротивление, Тр — трансформатор V — выпрямитель, ФП — формирующий искровой промежуток - ток, РП — рабочий и искровой промежуток в жидкости, С — рабочая емкость - конденсатор)

При пробое жидкости по схемам, представленным на рисунок 9, вокруг канала разряда возникает зона высокого давления, диаметр которой пропорционален мощности импульса. Высокие гидравлические давления по мере удаления от разряда быстро падают, примерно пропорционально квадрату расстояния от него.

Жидкость, получив ускорение от расширяющегося с большой скоростью канала разряда, перемещается от него во все стороны, образуя на том месте, где был разряд, значительную по объему полость, названную кавитационной, и вызывая первый (основной) гидравлический удар. Затем полость также с большой скоростью смыкается, создавая второй

кавитационный гидравлический удар. На этом единичный цикл электрогидравлического эффекта заканчивается, и он может повторяться неограниченное число раз соответственно заданной частоте следования разрядов.

Развитие искрового разряда во времени происходит путем последовательного «прорастания» стримеров в межэлектродном промежутке. Растущий стример, как правило, состоит не из одного, а из многих каналов с многочисленными ответвлениями от них. Рост каждого отдельного «уса» стримера является ступенчато прерывным процессом и представляет собой последовательное разряжение гидроксильных ионов OH^- из все новых и новых и довольно значительных объемов жидкости, лежащих на пути стримера. Характер и последовательность процесса для нескольких этапов развития приведены на рисунок 10. Если рассмотреть падение напряжения только на одном усце стримера, то оно имеет характерную ступенчатость, но, поскольку рост отдельных усцов происходит несинхронно с другими, эта ступенчатость взаимно перекрывается, становится слабовыраженной, а для всего процесса в целом даже совсем исчезает [30].

Образовавшийся канал стримера проходит в области, имеющей лишь разрядившиеся ионы OH^- и нейтральные к процессу роста

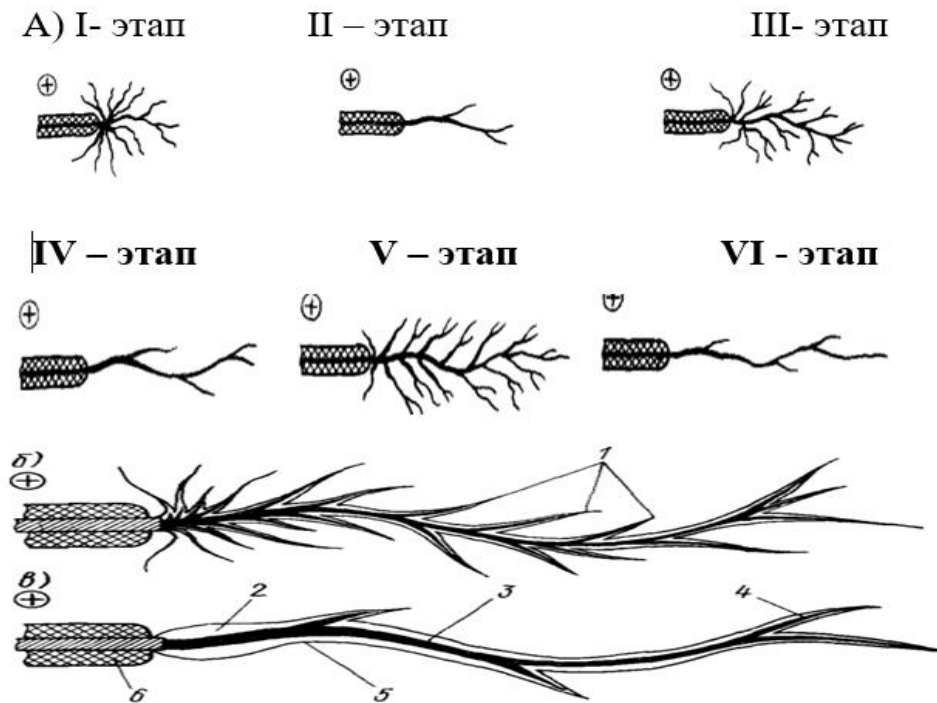


Рисунок 10- Принципиальная схема развития растущего стримера и окружающей его, преимущественно газовой, оболочки, а — этапы ступенчатого развития-прораствания стримера (I—VI), б — схема процесса для момента V этапа; в — схема процесса для момента VI этапа, 1 — отдельные боковые «усы» стримера, 2 — оболочка у основания стримера, 3 — главный канал стримера, 4 — канал уса стримера, 5 — оболочка, в — электрод

Стримеров ионы H^+ , т. е в области электрически нейтральной, электрически изолирующей канал от окружающей среды. В процессе роста стримеров возникает основная масса тех газообразных продуктов, из которых в дальнейшем образуется парогазовая рубашка канала искрового разряда. Пузырьки газов, образующиеся в жидкости на усах стримеров при их росте, существуют относительно долго и даже тогда, когда тот или иной ус уже исчезает. Эти пузырьки могут довольно ярко светиться желто-оранжевым или фиолетово-розовым цветом под влиянием собственных полей разряда. При некотором навыке их можно наблюдать визуально при некоторых значениях параметров импульса могут возникать самые различные формы

искрового канала, связанные с неполным его образованием. Канал может существовать, например, как составленный из ярко-белой «толстой» и слабосветящейся розово-фиолетовой «тонкой» частей иногда также при определенных значениях параметров импульса можно наблюдать и появление «перистого» стримера, идущего от отрицательного электрода к положительному [30].

1.8 Схемные решение приготовления ВУС

Применение суспензионного угольного топлива является реальной возможностью замены не только «грязного» угля и малоэффективных методов его сжигания в слоевых топках, но и дефицитных жидких и газообразных видов топлива. Перевод шламов в транспортабельное и технологически удобное суспензионное водоугольное топливо (ВУТ) позволит добиться существенного экономического эффекта и резко улучшить экологическую обстановку. При этом получаемое топливо и технологии его использования должны отвечать жестким требованиям современного рынка, связанным с обеспечением высокой экономической конкурентоспособности и минимизацией возможного опасного экологического воздействия на окружающую среду. Учитывая, что в себестоимости вырабатываемой тепловой энергии стоимость топливной составляющей занимает от (40 до 70) %, снижение стоимости топлива или его удельного расхода является важным фактором получения экономического эффект [30]

Существующие механические методы, используемые в шаровых мельницах, кавитаторах и др., характеризуются повышенными энергетическими затратами и износом рабочих узлов машин. Разрушающее воздействие на угольное сырье может создаваться и с помощью последовательности контролируемых маломощных взрывов в жидкой среде, при которых происходит измельчение, перемешивание сырья и активация воды. Применение высоковольтных разрядов достаточно хорошо изучено и используется в технологиях дробления минеральных веществ в

конденсированных средах [1], обогащения угольного сырья и т. д. Однако законченных исследований об эффективности измельчения сырья для приготовления ВУТ методом проведения высоковольтных электрогидравлических взрывов практически нет. Предполагается, что при высоковольтных разрядах в конденсированных средах (жидкости) формируется широкий спектр электрогидравлических эффектов (ЭГЭ), которые могут быть использованы для измельчения угольного сырья. Специально сформированные в воде импульсные разряды могут образовывать зоны сверхвысокого гидравлического давления и способны совершать механическую работу по разрушению угля. Установка по дроблению угольного сырья с использованием ЭГЭ (рисунок 12) состоит из источника высоковольтных силовых импульсов с подключенным к рабочему разряднику выходом и активной зоны измельчения. Потенциальный электрод рабочего разрядника размещен в активной зоне и создает высоковольтный разряд вблизи решетки сепаратора, которая является вторым электродом и разделяет фракции угля после формирования серии ударов. Силовая высоковольтная установка включает в себя повышающий трансформатор T_r , высоковольтный выпрямитель V , накопитель энергии – импульсный конденсатор C , формирующий промежуток – ФП-разрядник. При работе установки происходит заряд накопителя и после срабатывания формирующего разрядника энергия подается на электрод рабочего разрядника для формирования высоковольтного разряда в жидкости. Создаваемые ударные воздействия в жидкости измельчают угольное сырье, приводя к образованию водоугольной суспензии. Получаемые мелкие фракции проникают через решетку сепаратора, а крупные фракции подвергаются последующим ударным воздействиям [30].

1.8.1 Приготовление ВУС осуществлялось на гидроударном узле мокрого помола (ГУУМП)

Приготовление ВУС (рисунок 11) осуществлялось на гидроударном узле мокрого помола (ГУУМП) (подробнее о применении гидроударной технологии для получения водоугольного топлива см. журнал НТ № 7, 2010 г. - Прим. ред.) [31].



Рисунок 11 - Выход готового водоугольного суспензий

Последовательность всех этапов приготовления ВУС

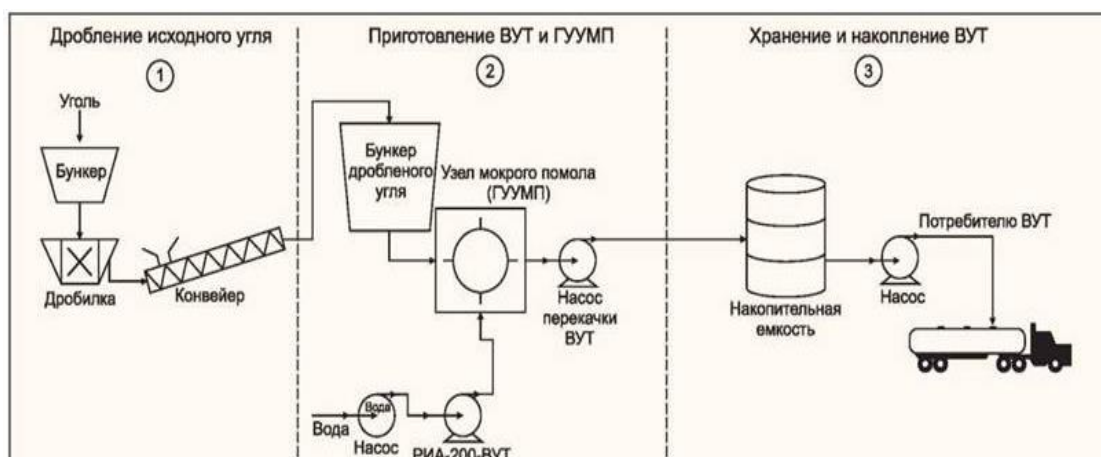


Рисунок 12 – Этапы приготовления водоугольного суспензий

Следует также отметить, что наиболее точные результаты по измерению энергозатрат на приготовление ВУС в ГУУМП были получены в Южной Корее, где ввиду использования сети 60 Гц был установлен

частотный преобразователь, оснащенный электронным счетчиком потребленной энергии. По данным счетчика на приготовление 3 т ВУС потребовалось около 28,2 кВт.ч, т.е. около 9,4 кВтч/т [31].

1.9 Особенности электроразрядных технологий для получения ВУС

В ходе проведенных исследований по измельчению угольного сырья малых объемов были выявлены следующие особенности применения ЭГЭ:

– ударные разрушительные воздействия характеризуются выраженным локальным характером. Эффективное измельчение сырья наблюдается в объеме (3-5)дм³ активной зоны формирования электрического разряда

- Эффективность механизма дробления сырья зависит от режима высоковольтных разрядов. Для крупных фракций угля (от 50 до 150 мм) оптимален режим мягкого разряда ($U = 20$ кВ, $C = 1,0$ мкФ), а для мелких фракций, разряда ($U = 50$ кВ, $C = 0,1$ мкФ). По мере измельчения сырья физические свойства суспензии меняются, что требует повышения амплитуды импульсов. Данная особенность определяет необходимость реализации последовательной технологии измельчения с использованием индивидуальных параметров формируемых силовых высоковольтных импульсов

Существующая элементная база силовых высоковольтных импульсных генераторов характеризуется ограниченным ресурсом по количеству формируемых силовых импульсов. В частности, ограниченным ресурсом обладают высоковольтные накопительные емкости (до $1 \cdot 10^6$ разрядов) и коммутирующие разрядники (от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^6$ разрядов). Заявленный ресурс генератора позволяет выполнить дробление примерно (30-50) т угольного сырья, что для крупномасштабного производства ВУТ не достаточно. Так, производительность одной угольной дробилки при использовании универсального высоковольтного генератора типа «Зевс-42» (с потребляемой от электрической сети мощности 4 кВт) составляет (150 до 200) кг/ч [32].

1.10 Энергетические характеристики уже о пробованных подходов

1.10.1 Гранулометрический метод дробление ВУС

На рисунок 13 представлены результаты гранулометрического метод дробление ВУС. Дробленых образцов угля после рассеивания в зависимости от размеров исходных образцов угля, загружаемых в ячейку для дробления

Энергетические затраты: 10 Вт*ч/кг, при напряжении разряда $U=22$ кВ[32].

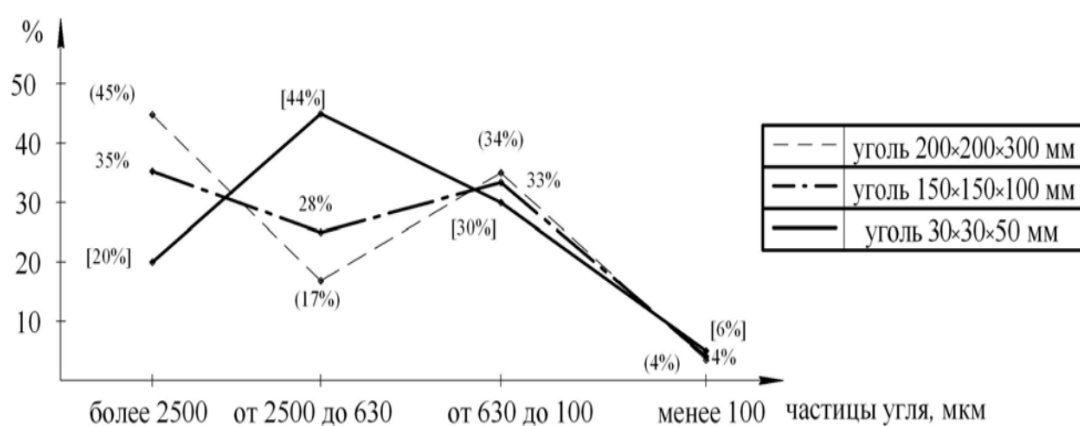


Рисунок 13 - Результаты гранулометрического состава угля после рассеивания в зависимости от размеров исходных образцов сырья

1.10.2 Приготовление ВУС гидроударом способом

Приготовление ВУС (рисунок 11) осуществлялось на гидроударном узле мокрого помола (ГУУМП) (подробнее о применении гидроударной технологии для получения водоугольного топлива см. журнал НТ № 7, 2010 г. - Прим. ред.) [31].

Энергетические затраты:

- производительность - до 5 т/ч;
- энергетические затраты - до 12 кВт.ч на 1 т ВУ

1.10.3 ЭИ дробление ВУС

Способ электроимпульсный дробление ВУС приведена на (рисунке 9).

- производительность – до 1 т/ч

– энергетические затраты 15 кВт·ч на 1 т ВУС

В результате исследований измельчения угольного сырья электрогидравлическим методом были подтверждены следующие особенности технологического процесса:

– эффективность ЭГД при получении ВУТ зависит от конструкции активной зоны, размеров загружаемых образцов угля, импульсного напряжения разряда и интегральной индуктивности разрядной цепи;

– энергетические затраты в ЭГД, при одинаковом высоковольтном напряжении, незначительно влияют на эффективность дробления бурого угля при получении ВУТ;

– применение нескольких стадий измельчения, в которых ЭГД применяется совместно с другими установками измельчения, позволит повысить эффективность и производительность процесса измельчения сырья. Результаты проведенных исследований показали возможность применения ЭГД для получения ВУТ с высокой производительностью. Разработка сепарационной и проточной ячейки измельчения позволит повысить эксплуатационные параметры технологии получения ВУТ электрогидравлическим способом. [32.33]

2. Методика эксперимента

Цель:

– Собрать стенд для исследования режимов обработки водо-угольной суспензии электроразрядным методом (ЭИ)

– Произвести обработку Водоугольной суспензии различного состава электроразрядным методом.

– Провести хроматографический анализ образующегося газа

2.1 Описание ГИН

На (рисунок 14) представлен один из вариантов схемы генератора импульсных напряжений. Принцип работы заключается в следующем:

группа конденсаторов заряжается в параллельной схеме соединения до определенного напряжения U_0 , а разряжается последовательно. Автоматическое и быстрое переключение схемы из параллельного в последовательное соединение осуществляется с помощью шаровых искровых промежутков (разрядников). В результате, напряжение между началом и концом этой цепочки суммируется, достигая величины nU_0 , где n – число последовательно включенных конденсаторов (ступеней ГИН), а U_0 – напряжение, до которого они были заряжены.

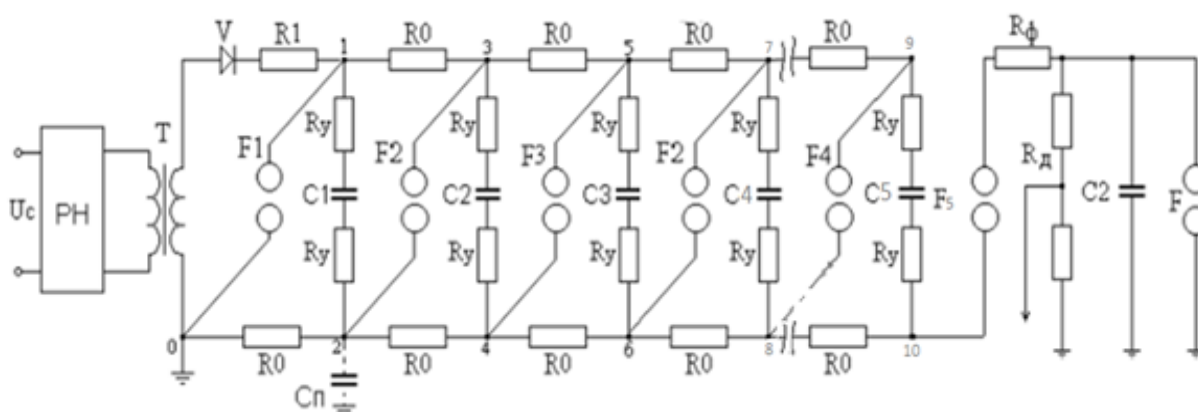


Рисунок 14 - Электрическая схема пятиступенчатого генератора импульсных напряжений

Конденсаторы C_1-C_5 заряжаются от источника выпрямленного напряжения через большие сопротивления R_1 (защитное) и R_0 (зарядные/разделительные) по параллельной схеме, следовательно, зарядная емкость ГИН $C_{зар} = 5C$, где C - емкость ступени. Соотношение $R_1 \gg R_0$, что обеспечивает практически одновременный заряд всех конденсаторов.

Генератор импульсных напряжений ГИН состоит из:

- высоковольтный трансформатор
- генератор - делитель напряжения
- батарея высоковольтных импульсных конденсаторов
- зарядное устройство
- устройство заземления - пульт управления
- Техническая характеристика установки

Форма задания для раздела магистерской диссертации
 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование, основную и дополнительную заработную плату исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>1. Налоговый кодекс Российской Федерации 2.ФЗ №212 от 24.07.2009 в ред. от 19.12.2016</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Определение потенциальных потребителей результатов исследования, анализ конкурентных технических решений.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Планирование этапов экспериментов, определение трудоемкости.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НТИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НТИ</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>	
2. <i>Матрица SWOT</i>	
3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТМ11	Жумаев Сайфулло Сатторович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытием, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценности разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Объектом исследования магистерской диссертации является высоковольтный импульсный трансформатор. Данный высоковольтный импульсный трансформатор входит в состав импульсного генератора и выполняет задачи умножения импульсного напряжения. Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения [33].

5.1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ

Цель научно – исследовательской работы является проектирование и разработка высоковольтного импульсного трансформатора для импульсных генераторов. В настоящее время, в современных электроустановках с целью проведения различных исследований и экспериментов, требуется достигать высокие токи и напряжения. В таких случаях мощности измеряются гигаваттами, и это усложняет разработку и длительность их эксплуатации в современных электроустановках. Учитывая таких недостатков, самый надежный способ получения столь больших мощностей является, работы электроустановок в импульсном режиме. В импульсные режимы работы

понимаются генерирования, и потребления мощности в промежуток малого времени.

Для получения высоких напряжения в импульсные режимы широко принимаются импульсные трансформаторы. Импульсный трансформатор является очень важным элементом импульсной техники. В настоящее время мощные электрические поля используются для получения озона, обработки материалов, очистка отходов, в сельском хозяйстве, медицине и потребуются производство новых импульсных источников энергии. Поэтому для такой цели получения высоких импульсных напряжений с помощью импульсного трансформатора является более предпочтительным, чем другие способы. Ввиду этого, сравнение будет проводится с другими схемами умножения напряжения [35].

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Разрабатываемый высоковольтный импульсный трансформатор должно быть компактным и с малыми индуктивности рассеивания. Для того чтобы понять сможет ли разрабатываемый высоковольтный импульсный трансформатор обойти аналоги и определить дальнейшее направление ее развития, необходимо провести анализ для сравнения конкурентных технических решений, которые присутствуют на рынке. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов

С этой целью может быть использована вся доступная информация о аналоговых разработках:

- технические характеристики разработок;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа, готовой установки);
- стоимость разработки;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения.

Критерии для сравнения подбираются, исходя из выбранных объектов

сравнения с учетом их технических и экономических особенностей, создания и эксплуатации, а также доступности информации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, на основе ранее проведенного литературного обзора существующих технических решений по разработке высоковольтного импульсного трансформатора, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, в сумме должны составлять 1 [35].

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [1]:

$$K = \sum V_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя

Таблица 5.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	$B_{к}$	K_{ϕ}	$K_{к}$
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности труда пользователя	0,055	4	2	0,4	0,18
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,05	4	2	0,2	0,11
Помехоустойчивость	0,04	2	3	0,07	0,14
Энергоэкономичность	0,05	3	4	0,3	0,15

Продолжения таблицы 5.1.1

Надежность	0,1	5	2	0,5	0,1
Уровень шума	0,02	3	3	0,15	0,1
Безопасность	0,3	3	2	1	0,9
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,03	3	3	0,3	0,15
Простота эксплуатации	0,04	4	2	0,5	0,07
Масса, габариты	0,05	4	1	0,7	0,05
Экономические критерии оценки эффективности					
Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	0,14	0,1
Уровень проникновения на рынок	0,06	3	4	0,05	0,04
Цена	0,05	3	1	0,1	0,2
Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	3	0,15	0,06
Послепродажное обслуживание	0,02	3	2	0,1	0,09
Финансирование научной разработки	0,1	5	4	0,5	0,4
Срок выхода на рынок	0,04	4	3	0,2	0,15
Наличие сертификации разработки	0,05	5	4	0,3	0,3
Итого	1	66	48	5,66	3,29

где Φ – Схема умножения напряжения с высоковольтным импульсным трансформатором;

K – Генератор импульсного напряжения по схеме Аркадьева–Маркса
Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что получение высоковольтного импульсного напряжения с помощью импульсного трансформатора является, более конкурентоспособный и надежный.

Сегментировать рынок можно относительно габариты установки. Результаты сегментирования представлены в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2- Карта сегментирования рынка

		Установки высокого импульсного напряжения	
		ГИН Аркадьева– Маркса	Высоковольтный ИТ
Габарит установки	Больше 1 метра		
	Меньше 1 метра		

Из построенной карты сегментирования очевидно, что устройство высокого импульсного напряжения меньшего объема считается более конкурентоспособным.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно - исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [24]. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта. Сильные стороны характеризуют конкурентоспособную сторону технического проекта. Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность технического проекта, которые препятствуют достижению его целей. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта. Угроза

представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем [36].

Результаты SWOT-анализа технического проекта приведены в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2 - Матрица SWOT

<p>Сильные стороны проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С2. Экологичность технологии. С3. Простота сборки; С4. Наличие необходимого оборудования для проведения испытаний; С5. Наличие экспериментальных данных в данной области; С6. Компактность; С7. Не имеются много количество разрядников; С8. Простота эксплуатации;</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл2. Отсутствие опыта в создании установок такого класса; Сл3. Слабая осведомленность о продукте у потенциальных потребителей Сл4. Искажение формы выходного импульса напряжения. Сл5. Влияние значения индуктивности рассеивания Сл6. Потери энергии на магнитопроводе Сл7. Усложнения генератора Сл8. Потерей части передаваемой мощности</p>
<p>Возможности: В1. Избавляет от необходимости строить высоковольтные импульсные генераторы по сложным и малонадежным схемам умножения напряжения; В2. Дает возможности изменить полярность импульсов; В3. Осуществляет гальваническую развязку генератора с нагрузкой;</p>	<p>Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации оборудования.; У2. Прекращение финансирования исследований электроимпульсных технологий; У3. Потеря актуальности использования импульсного трансформатора.</p>

На основании таблицы SWOT строится интерактивная матрица проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие).

Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблицах 5.1.3 и 5.1.4.

Таблица 5.1.3 – Интерактивная матрица возможностей проекта

Возможност	Сильные стороны								Слабые стороны							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}	C _{л5}	C _{л6}	C _{л7}	C _{л8}
B1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-
B2	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
B3	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+

Таблица 5.1.4 – Интерактивная матрица угроз проекта

Возможност	Сильные стороны								Слабые стороны							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C _{л1}	C _{л2}	C _{л3}	C _{л4}	C _{л5}	C _{л6}	C _{л7}	C _{л8}
У1	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-
У2	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+
У3	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-

При анализе сильных сторон проекта, выявлены следующие корреляции сильных сторон проекта и возможности: B1C1C2C3C4C5C6C7C8, B2C3C4C5C6C8, B3C3C7. Равным образом можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У1C2C4C8, У2C4C5, У3C5.

В случае анализа слабых сторон выявлены следующие корреляции слабых сторон проекта с возможностями: B1Сл1Сл2Сл7, B2Сл1Сл2Сл3, B3Сл2Сл5Сл8. Также выявлены следующие корреляции слабых сторон и угроз: У1Сл3Сл7, У2Сл3Сл4Сл6Сл7Сл8, У3Сл1Сл3Сл4Сл5Сл6Сл7.

Таблица 5.1.5 SWOT анализ

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С2. Экологичность технологии. С3. Простота сборки; С4. Наличие необходимого оборудования для проведения испытаний; С5. Наличие экспериментальных данных в данной области; С6. Компактность; С7. Не имеются много количество разрядников; С8. Простота эксплуатации;</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл2. Отсутствие опыта в создании установок такого класса; Сл3. Слабая осведомленность о продукте у потенциальных потребителей Сл4. Искажение формы выходного импульса напряжения. Сл5. Влияние значения индуктивности рассеивания Сл6. Потери энергии на магнитопроводе Сл7. Усложнения генератора Сл8. Потерей части передаваемой мощности</p>
<p>Возможности: В1. Избавляет от необходимости строить высоковольтные</p>	<p>В настоящее время получение высокого импульсного напряжения с помощью ИТ является</p>	<p>В классических схемах для получения высокого импульсного напряжения использовали, ЕНЭ и много</p>
<p>импульсные генераторы по сложным и малонадежным схемам умножения напряжения; В2. Дает возможности изменить полярность импульсов; В3. Осуществляет гальваническую развязку генератора с нагрузкой;</p>	<p>самым актуальным способом. ИТ кроме сельского хозяйства широко принимается в испытаниях материалов и исследовательских работ. Разрабатываемый ИТ осуществляет гальваническую развязку генератора с нагрузкой и считается помехоустойчивым</p>	<p>количество разрядников и это делает, генератору объемным и малонадежным. Поэтому ИТ относительно этих схемах является более надежным. Для того чтобы получить все возможности, во время проектирования потребуется минимизировать его слабые стороны.</p>
<p>Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации оборудования.; У2. Прекращение финансирования исследований электроимпульсных технологий;</p>	<p>Сильные стороны проекта как компактность, меньше количество разрядников и простота сборки минимизируют его угрозы.</p>	<p>Один из важной характеристики высоковольтного импульсного трансформатора является формы импульса на выходе трансформатора. С целью уменьшения искажения форма импульса требуется максимально минимизировать значения индуктивности рассеивания. Для снижения потери на вихревые токи, магнитопроводы изготавливать</p>

Таким образом, выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод, что на данный момент преимущества разработки преобладают над ее недостатками. Все имеющиеся несовершенства можно легко устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

5.2 Разработка устава научно-технического проекта

5.2.1 Структура предполагаемых работ в рамках НИОКР

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа из 3 человек: руководитель

- научный руководитель (НР)
- научный сотрудник (НС);
- студент дипломник (СД)

Порядок составления этапов и работ, распределение и исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.2.1

Таблица 5.2.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Перечень выполняемых работ	Должность исполнителя
Разработка технического предложения	1	Подбор и изучение материалов по теме, поиск аналогов НР СД	НР
			СД
	2	Проведение теоретических расчетов и обоснований	СД

Продолжения таблицы 5.2.1

	3	Составление технического предложения	НР
			НС
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления работы	5	Обзор научной и техничной литературы	СД
	6	Выбор направления работы	НР
Исследуемого часть	7	Определение исходных данных	СД
			НР
	8	Выбор класс ВУС	НС
	9	Подготовка отбор газов на анализ	СД
	10	Анализ отбор газов на Хроматоргаммы	НР
	11	Проанализировать химический состав отбор газа	НР
Практическая часть	12	Собрать схему ГИН к запуске	НС
	13	Настройка ГИН к запуске	СД
	14	Подготовка разрядная камера к запуске	НР

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Одной из частей суммарной стоимости разработки являются трудовые затраты, для ее подсчета необходимо для каждого участника научного исследования определить трудоемкость работ [37]

Трудоемкость выполнения проекта измеряется в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [39]

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где – ожидаемая трудоемкость выполнения *i*-ой работы чел.-дн.;

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел. - дн.;

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

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

5.2.2.1 Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок

5.2.2.1.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m Ц_i * N_{раскi}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{раскi}$ – количество видов материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м², и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки занесены в таблицу 5.2.2.1.1

Таблица 5.2.2.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
<i>Импеллерный насос</i>	<i>шт</i>	<i>1</i>	<i>55000</i>	<i>55000</i>
<i>Манометр</i>	<i>шт</i>	<i>1</i>	<i>1000</i>	<i>1000</i>
<i>Разрядная камера</i>	<i>шт</i>	<i>1</i>	<i>20000</i>	<i>20000</i>

5.3.1 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 [37].

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_a = \frac{1}{n}$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_a \cdot I}{12} \cdot m,$$

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

Рассчитаем норму амортизации для установки ГИН, с учетом того, что срок полезного использования составляет 10 лет:

$$H_a = \frac{1}{10} = 0,1$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{0,1 \cdot 700000}{12} \cdot 1 = 5833 \text{ руб.}$$

Осциллограф:

$$A = \frac{0,1 \cdot 80000}{12} \cdot 1 = 666 \text{ руб.}$$

Компьютер:

$$A = \frac{0,1 \cdot 35000}{12} \cdot 3 = 875 \text{ руб.}$$

Таблиц 5.3.1 – Затраты на оборудования

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Импеллерный насос	шт	1	55000	55000
<i>Манометр</i>	шт	1	1000	1000
<i>Разрядная камера</i>	шт	1	20000	20000
<i>Электроды</i>	шт	2	50000	50000
Итого				126000

5.3.2 Основная заработная плата исполнителей НИР

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{раб}}$$

где

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

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. Дн

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} + M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяцев, 5-дневная рабочая неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Таблица 5.3.2 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент дипломник	Научный сотрудник
Календарное число дней	365		
Количество нерабочих дней: - выходные дни; - праздничные дни.	104 14	104 14	104 14
Потери рабочего времени: - отпуск; - невыходы по болезни.	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	247	247

$$Z_m = Z_b * (k_{пр} + k_d) * k_p$$

где Z_b – базовый оклад, руб. (в соответствии с положением об оплате труда сотрудников ТПУ);

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, определяемый положением по оплате труда;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 5.3.3 – Расчет основной заработной платы

<i>Исполнители</i>	<i>З_б, Руб.</i>	<i>К_{нр}</i>	<i>К_д</i>	<i>К_р</i>	<i>З_м, Руб.</i>	<i>З_{дн}, Руб.</i>	<i>Т_р, Раб.дн.</i>	<i>З_{осн}, руб</i>
Научный Руководитель	36174	1	1	1,3	94052,4	380,8	55	20944

Продолжения таблицы 5.3.3

Научный сотрудник	31579	1	1	1,3	82105,4	332	42	13944
Студень дипломник	22745	1	1	1,3	59137	239	61	14604

5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей НИР

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}$$

Где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15), принимаем 0,14;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.3.4.

Таблица 5.3.3.1 – Заработная плата исполнителей

Заработная плата	Научный Руководитель	Студент дипломник	Научный сотрудник
Основная зарплата, руб.	20944	14604	13944
Дополнительная зарплата, руб.	2722,7	2722,7	1952,16
Зарплата исполнителя	23666,7	16648	15896,16
Итого по статье С _{сп} , руб.	56210,86		

5.3.4 Отчисления на социальные нужды

Отчисления во внебюджетные фонды отражают обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации

нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [38].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * 56210,86 = 16863,3 \text{ руб}$$

5.3.5 Формирование сметы затрат НИР

Результаты расчета бюджета затрат научно-технического исследования приведены в таблице 5.3.4.

Таблица 5.3.5.1 – Бюджет затрат технического проекта

Затраты и отчисления	Сумма, руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты	126000	
Затраты по основной заработной плате	49492	36.8
Затраты по дополнительной заработной плате	6719.46	5
Отчисления на социальные нужды	16863	12.54
Накладные расходы	8994	6.7
Итого	208068	100

При планировании затрат для технического проекта была подсчитана общая сумма затрат для его реализации в размере 208068 тыс. руб. Из таблицы 5.3.5.1 видно, что большую часть затрат составляют материальные затраты и выплаты заработной платы исполнителям проекта.

5.4 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности технического проекта, который находится по формуле [23]:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

Где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности по 5-ти балльной шкале приведен в таблице 5.4.1.

Таблица 5.4.1 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметр	Текущий проект
Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5
Помехоустойчивость	0,1	3
Энергосбережение	0,2	5
Надежность	0,09	2
Материалоемкость	0,11	4
Итого	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составляет

$$I_{pi} = 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.1 * 3 + 0.2 * 5 + 0.09 * 2 + 0.11 * 4 = 3.92$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет нормальное значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования объекта НИР. Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей,

финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод, что разработанный высоковольтный импульсный трансформатор является актуальным, чем другие схемы умножения импульсного напряжения [39]

5.4.1 Определение ресурсоэффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности технического проекта, который находится по формуле [40]:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i$$

Где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент;

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности по 5-ти балльной шкале приведен в таблице 5.4.1.

Таблица 5.4.1.1 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметр	Текущий проект
Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5
Удобство в эксплуатации	0,2	5
Помехоустойчивость	0,1	3
Энергосбережение	0,2	5
Надежность	0,09	2
Материалоемкость	0,11	4
Итого	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составляет

$$I_{pi} = 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.1 * 3 + 0.2 * 5 + 0.09 * 2 + 0.11 * 4 = 3.92$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет нормальное значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования объекта НИР. Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод, что разработанный высоковольтный импульсный трансформатор является актуальным, чем другие схемы умножения импульсного напряжения

Вывод по разделу

В ходе выполнения данного раздела было установлено, что данные генератор импульсный напряжения может конкурировать с другими схемами умножения напряжения. В данном разделе была произведена оценка перспективности в плане коммерческого потенциала разработки. Планирование научно-исследовательской работы помогло оптимально скоординировать работу исполнителей проекта, оценить сколько потребуется времени для реализации данного опыта. Исходя из анализа результатов можно сказать, что разработанный способ исследование ВУС, более экономичным и целесообразным для дальнейшей разработки.