

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

---

Институт физики высоких технологий

Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Кафедра Общей химии и химической технологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы

**Проектирование каскада гидроциклонов для отделения зольного остатка из ЗШМ  
Северской ТЭЦ**

УДК 621.928.3:662.613.1(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Мартынов Юрий Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОХХТ	Тихонов Н.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Криницына З.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Раденков Т.А.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан В. В.	к.т.н		

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат освоения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>		
Р1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,3,14,17,18,26,27 ОК-1,3), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Ставить и решать инновационные задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с учетом минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13 ОК-2), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р3	Разрабатывать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,19-25 ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиций энерго и ресурсосбережения	Требования ФГОС (4,5,7,8,9 ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.4)

P5	Внедрять и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-2,9,10,15,16, ОК-4,5), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (2.6)
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P9	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ПК-26,27, ОК-4,5), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

## Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт физики высоких технологий  
Направление подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
Кафедра общей химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Ан. В. В.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4KM51	Мартынов Юрий Михайлович

Тема работы:

Проектирование каскада гидроциклона для отделения зольного остатка из ЗШМ Северской ТЭЦ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№10497/ 08.12.16

Срок сдачи студентом выполненной работы:

31.05.17
----------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	1. Объект исследования: золошлаковые материалы ТЭЦ г. Северска 2. Вид сырья: пульпа, состоящая из воды и золошлаковых материалов
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение 1. Золошлаковые материалы 2. Обзор литературы 3. Объект и методы исследования 4. Расчеты и аналитика 5. Результаты проведенного исследования 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность

	Заключение
<b>Перечень графического материала</b>	1.Чертежи
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Административно-географическая и природно-климатическая характеристика г. Северск	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	26.10.15
---	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Н.В.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Мартынов Юрий Михайлович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4KM51	Мартынов Юрий Михайлович

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с рекомендованным учебно-методическим пособием, поиск достоверной информации о стоимости требуемых ресурсов, изучение нормативно-правовых документов, расчеты бюджетных средств и отчислений.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Оценка готовности научного проекта к коммерциализации, выявление сильных и слабых сторон проекта. Анализ конкуренции на соответствующем сегменте рынка.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Формирование проектной группы, определение функций каждого из членов группы, их трудозатраты и заработная плата.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Разработка календарного плана проекта, определение трудоемкости работы и бюджета, оценка существующих рисков.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки и существующих аналогов.</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>Сегментирование рынка</i>
2. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации</i>
3. <i>Перечень этапов, работ и распределение исполнителей;</i>
4. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
5. <i>Калькуляция плановой себестоимости НИР</i>
6. <i>Реестр рисков</i>
7. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента	Креницына Зоя Васильевна	К.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4KM51	Мартынов Юрий Михайлович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4КМ51	Мартынов Юрий Михайлович

<b>Институт</b>	<b>ИФВТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХХТ</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочая зона расположена в Лаборатории 2-ого корпуса НИ ТПУ</p> <p>В процессе работ и экспериментальных исследований могут иметь место проявления факторов производственной среды, вредных и опасных для здоровья человека.</p> <p>Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера.</p> <p>Возможность возникновения чрезвычайных ситуаций стихийного характера практически исключена.</p>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности;</p> <p>ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).</p> <p>ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация;</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации (ТК РФ 2017);</p> <p>Конституция Российской Федерации (РФ)</p>

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- недостаточная освещенность (обеспечить источниками местного освещения)</li> <li>- умственное перенапряжение (делать перерывы;</li> <li>- статические перегрузки (физические упражнения).</li> </ul>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей</p>	<p>Анализ выявленных опасных факторов, к которым относятся:</p>

<p><i>последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- электробезопасность;</li> <li>- термические опасности;</li> <li>- пожаровзрывобезопасность;</li> </ul>
<p><b>3.</b> <i>Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p><i>Разрабатываемый комплекс оказывает минимальное воздействие на окружающую среду: концентрация вредных веществ не превышает ПДК; утилизация электрооборудования сопровождается воздействием на литосферу.</i></p>
<p><b>4.</b> <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p><i>Возможной чрезвычайной ситуацией на объекте может стать возникновение пожара. Рассмотрены причины возникновения пожара и меры по предупреждению и устранению данной чрезвычайно безопасности.</i></p>
<p><b>5.</b> <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p><i>Рассмотрены основные обязанности и права работников в соответствии с Трудовым Кодексом РФ и Конституцией РФ.</i></p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК ТПУ	Раденков Тимофей Александрович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Мартынов Юрий Михайлович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 108 страниц, 30 рисунков, 35 таблиц, 41 источник.

Ключевые слова: отходы, ТЭЦ, золошлаки, золоотвал, гидроциклон, микросфера.

Объектом исследования являются процесс разделения золошлаковых материалов

Цель работы: Спроектировать установку для выделения тонущей алюмосиликатной микросферы из золошлаковой пульпы. Произвести реконструкцию мешалки окрасочных составов СО – 140.

В результате работы был спроектирован и сконструирован гидроциклон, спроектирован подшипниковый узел для мешалки окрасочных составов СО – 140, проведены практические исследования по корректировке рассчитанных параметров гидроциклона.

Степень внедрения: Был сконструирован гидроциклон по рассчитанным параметрам, на котором проводились исследования.

Область применения: Лабораторная установка используется в корпусе №2 НИИ ТПУ для проведения исследований по переработке золошлаковых материалов.

В будущем планируется провести исследования по комплексной переработке золошлаковых материалов, результаты которых можно будет использовать для проектирования промышленных предприятий по переработке золошлаковых отходов.

## Определения и обозначения

В данной работе применены следующие определения и сокращения с соответствующей расшифровкой:

Зола – несгораемый остаток, образующийся из минеральных примесей топлива при полном его сгорании.

Золошлаковые материалы – крупнотоннажные отходы теплоэнергетики (зола сухого отбора золошлаковые смеси, щебень и песок из шлаков ТЭС), которые образуются и накапливаются на ТЭС или ГРЭС при сжигании в топках котлов твердого топлива в пылевидном состоянии с жидким или твердым шлакоуделением.

Магнетит (устаревший синоним — магнитный железняк)  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$  – широко распространённый минерал чёрного цвета из класса оксидов.

Фракция – часть сыпучего или кускового твёрдого материала (например, песка) либо жидкой смеси (например, нефти), выделенная по определённому признаку.

ЗШМ – золошлаковые материалы.

## Оглавление

Реферат .....	2
Определения и обозначения.....	3
Введение.....	6
1 Обзор литературы.....	7
1.1 Общие сведения о гидроциклонах.....	7
2 Объект и методы исследования .....	14
2.1. Административно-географические условия города Северска .....	14
2.3 Золоотвалы Северской ТЭЦ .....	21
2.4 Свойства и состав зол и шлаков .....	22
2.5 Эволюция золообразующих компонентов углей при их сжигании ....	23
2.6 Аллюмосиликатные пылевые микросферы.....	24
2.7 Ферросферы.....	25
2.8 Применение аллюмосиликатной микросферы.....	26
2.9 Способы добычи.....	31
3 Постановка целей и задач магистерской диссертации .....	34
4 Расчеты и аналитика. Проектирование.....	35
4.1. Мешалка для окрасочных составов СО-140. Расчет подшипникового узла для краскомешалки .....	35
4.2 Расчет подшипникового узла для краскомешалки.....	36
4.3 Расчет гидроциклона .....	43
4.4 Методика исследования .....	45
4.5 Влияние угла конусности на выход микросферы .....	46
4.6 Диаметр песковой насадки. ....	47
4.7 Напор гидроциклона.....	48
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ....	50
5.1 Предпроектный анализ.....	50
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	50
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
5.1.3. Диаграмма Исикавы .....	53
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	56
5.2 Инициация проекта.....	57

5.2.1 Цели и результаты проекта .....	57
5.2.2. Организационная структура проекта .....	59
5.3 Планирование управления научно-техническим проектом .....	59
5.3.1 Иерархическая структура работ проекта .....	60
5.3.2. План проекта.....	60
5.3.3 Бюджет научно-технического исследования .....	65
5.3.3.1 Специальное оборудование для научных работ .....	65
5.3.3.2 Основная заработная плата .....	66
5.3.3.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала.....	68
5.3.3.4 Отчисления на социальные нужды .....	69
5.3.3.5 Научные и производственные командировки .....	69
5.3.3.6 Накладные расходы.....	69
5.3.4 Организационная структура проекта .....	70
5.3.5 Матрица ответственности .....	71
5.3.6 План управления коммуникациями проекта .....	72
5.3.7 Реестр рисков проекта .....	73
5.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	74
5.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	78
6. Социальная ответственность .....	80
6.1 Техногенная безопасность .....	80
6.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	81
6.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	84
6.2 Региональная безопасность.....	86
6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	87
6.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений	88
6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	89
Заключения и выводы .....	92
Приложение А .....	93
Список использованной литературы.....	104

## **Введение**

Энергетика России производит не только тепло и электроэнергию, но и 27 млн тонн золы и шлаков. Только небольшая часть после этого (менее 15 процентов) перерабатывается в продукцию, которая является полезной в других отраслях. Основная масса хранится в золоотвалах годами и занимает ценные земли, оказывая негативное воздействие на экологию территории. В настоящее время объем отходов теплоэнергетики в стране достигает полутора миллиардов тонн, а площадь золоотвалов превышает двадцать тысяч гектаров. На совещании в Государственной Думе, посвященном нормативному обеспечению расширения использования золошлаковых отходов было отмечено, что если эта ситуация не изменится, то к 2030 году объем золошлаковых отходов превысит 2 миллиарда тонн.

При этом шлаки и золы — это сырье, которое может быть эффективно использовано в самых разных отраслях промышленности. Золошлаки имеют пятый класс опасности (а это практически безопасные вещества), и поэтому могут применяться в производстве строительных материалов, удобрений для сельского хозяйства, а также в дорожном строительстве, рекультивации последствий использования недр, засыпке оврагов, болот и карьеров. Помимо этого, в золошлаках содержатся очень ценные редкоземельные элементы, оксиды алюминия, кремния, железа. Все это можно выделять и использовать.

В мировой промышленности имеется очень большой опыт переработки золошлаков. Ассоциация угольной золы в Америке, в 2000-м году способствовала принятию закона «О сохранении и восстановлении ресурсов». В результате этого, в 2008-м переработка золошлаков в Соединенных Штатах достигла 70-ти процентов.

## 1 Обзор литературы

При написании данной работы были использованы научная и учебная литература, статьи в периодических изданиях Российской Федерации, Томской, Новосибирской и Кемеровской областей.

### 1.1 Общие сведения о гидроциклонах

Гидроциклоны используются для сгущения или классификации пульп, которые содержат мелкие частицы. Общий вид гидроциклона показан на рис. 1.



Рисунок 1.1 – гидроциклон; 1 – питающая трубка, 2 – сливной патрубок, 3 – песковая насадка;

Тангенциальный ввод жидкости под напором, создает в аппарате вращательное движение с высокой тангенциальной скоростью (рис. 1.2).

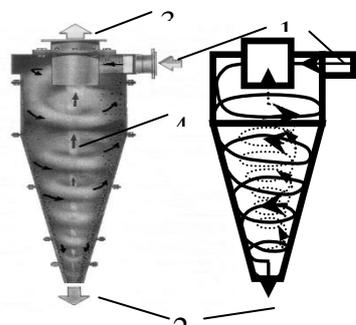


Рисунок 1.2 - Распределение потоков в гидроциклоне  
1 – подача исходной пульпы, 2 – выпуск взвешанных частиц, 3 – осветленная жидкость, 4 – воздушный столб

При достижении вершины конической части, пульпа, находящаяся ближе к оси аппарата, изменяет свое направление и движется вверх, при этом сохраняя свое вращательное движение. Вблизи оси гидроциклона, тангенциальная скорость потока сильно возрастает, в результате чего вдоль оси образуется воздушный столб. Скорость вращения потока вдоль оси аппарата неизменна по всей высоте. Воздушный столб имеет форму цилиндра. При большом гидравлическом сопротивлении на сливном патрубке или низком давлении воздушный столб может исчезать.

Суммарная скорость потока жидкости в гидроциклоне определяется тремя составляющими:

- тангенциальной  $V$ , которая направлена в горизонтальной плоскости перпендикулярно радиусу аппарата;
- радиальной  $U$ , которая направлена вдоль радиуса.
- вертикальной  $W$ , направленной вдоль оси гидроциклона (рис. 1.3).

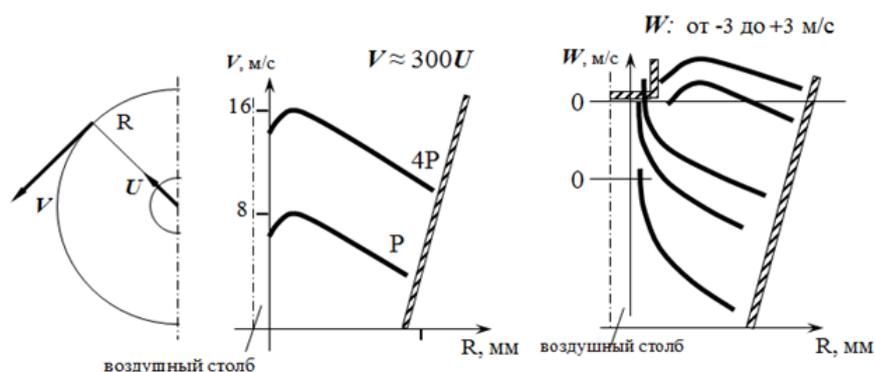


Рисунок 1.3 – Радиальная, тангенциальная и вертикальная составляющие скорости внутри потока.

С уменьшением радиуса вращения смеси, тангенциальная скорость увеличивается. Вблизи столба воздуха она достигает максимального значения и уменьшается. Резкое снижение скорости также наблюдается у стенки гидроциклона. Радиальная скорость снижается с уменьшением радиуса. Вертикальная составляющая скорости  $W$  вблизи стенок

гидроциклона направлена вниз, ближе к центру она меняет свое направление и поток устремляется вверх (рис. 1.4).

Центробежная сила в гидроциклоне увеличивается от периферии к оси.

На частицу действуют две радиальные силы, направленные противоположно:

центробежная сила и сила сопротивления жидкости.

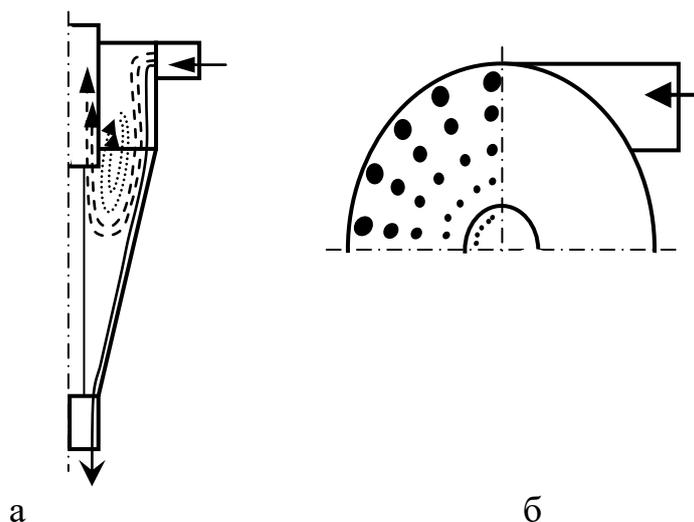


Рисунок 1.4 – Образование циркулирующего контура потоков (а) и распределение частиц в гидроциклоне

Более плотные частицы в аппарате под действием центробежной силы смещаются к стенкам гидроциклона, преодолевая сопротивление жидкости. Менее плотные частицы – наоборот, движутся ближе к оси аппарата. Расстояние от оси до частицы соответствует ее плотности и крупности. [2]

Основные факторы, влияющие на работу гидроциклонов можно классифицировать на две группы: конструктивные и технологические. К первой группе можно отнести:

- 1) угол конусности гидроциклона,
- 2) диаметр цилиндрической части гидроциклона,
- 3) диаметры питающего, сливного патрубков и пескового отверстия,
- 4) угол наклона аппарата к горизонту,
- 5) давление на входе (напор).

К технологическим факторам относятся:

- 1) производительность аппарата,
- 2) концентрация,
- 3) вещественный состав питания,
- 4) гранулометрический состав пульпы.

Как правило, чем меньше диаметр цилиндрической части аппарата, тем мельче отделяемые частицы.

Также, на гидродинамику потока и, следовательно, на показатели разделения влияют соотношения диаметров патрубков. Разгрузочное отношение - это отношение диаметра песковой насадки к диаметру сливного патрубка  $D_{\text{песк}} / d_{\text{сл}}$ . При увеличении этого отношения увеличивается и выход взвешанной фракции с одновременным уменьшением ее крупности и содержания твердого в них. Соответственно снижается крупность слива. Для обеспечения более эффективной классификации следует подбирать оптимальное разгрузочное отношение.

Сливной патрубок должен быть погружен в аппарат ниже питающего патрубка. При увеличении глубины, на которую он погружен, происходит увеличение крупности слива. [7]

Как правило, диаметр питающего патрубка в основном оказывает влияние только на производительность гидроциклона. Качественные показатели разделения при этом практически не изменяются.

При увеличении угла конусности устройства уменьшается объемная производительность и выход песков, крупность отделяемых продуктов увеличивается. Гидроциклоны с малым углом конусности используются для получения тонкого слива, а с большим углом конусности для обработки грубозернистых пульп. Обычно угол конусности в гидроциклонах колеблется от 10 до 20°.

На обогатительных предприятиях, гидроциклоны могут быть установлены наклонно, вертикально или горизонтально. При нестандартной установке гидроциклонов (наклонно или горизонтально), песковые насадки

имеют несколько больший диаметр для обеспечения тех же показателей классификации, как и при классической, вертикальной установке аппарата. В этом случае слив получается более крупным, а пески содержат меньше тонких шламов и твердой фазы.

На показатели гидроциклонирования заметное влияние может оказывать сливная труба (рис. 5).

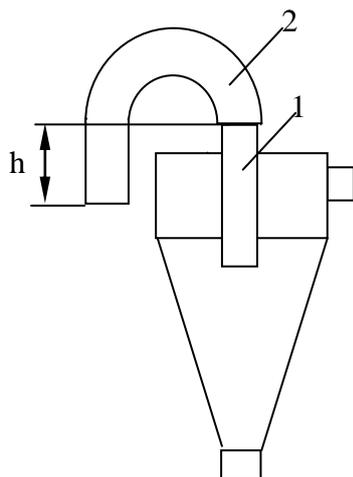


Рисунок 1.5 – Расположение сливной трубы; 1 – сливной патрубок, 2 – сливная труба

Чем больше перепад высот между ее концами, тем больше она действует как сифон. В результате большого перепада в слив будут засасываться крупные частицы. Поэтому для более эффективной работы гидроциклона необходимо чтобы диаметр сливного патрубка был меньше диаметра сливной трубы.

Давление в гидроциклоне при заданной производительности и параметрах насосной установки как правило определяется диаметрами питающего и сливного отверстий. На обогатительных фабриках часто работают с напором 0.05 – 0.15 Мпа. Для того, чтобы получился тонкий слив с высоким содержанием твердого вещества, нужно на входе поддерживать более высокое давление.

Гидроциклоны маленького диаметра и небольшой производительности объединяют в батареи, часто такой метод применяют для классификации рудных пульп (рис. 1.6).

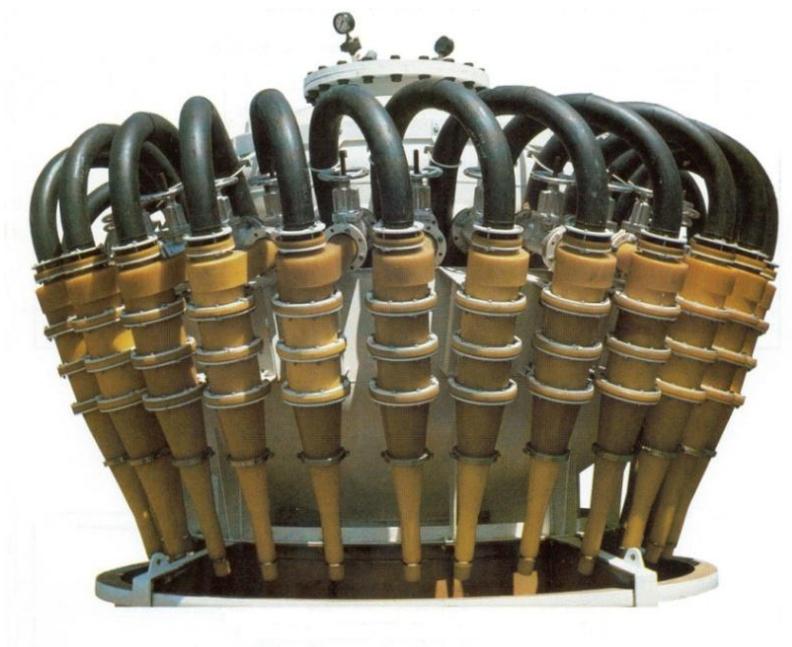


Рисунок 1.6 – Батарея из гидроциклонов диаметром 20 см суммарная производительность которых  $1700 \text{ м}^3/\text{ч}$

Обычно применяется радиальное расположение аппаратов относительно питающей трубы, что обеспечивает равномерное распределение питания.

В сфере углеобогащения применяют низконапорные гидроциклоны диаметром для сгущения, диаметр которых от 350 до 1000 мм. Такие гидроциклоны часто располагают под небольшим углом к горизонту (рис. 1.7).

Ввод питания по спирали является более эффективным, чем тангенциальный ввод. Это снижает абразивное действие струи в зоне питания и турбулентность.



Рисунок 1.7 – Низконапорные гидроциклоны большого диаметра и производительности

Главным параметром, дающим характеристику классификации твердого, является крупность разделения. Под граничной крупностью имеется виду крупность бесконечно узкого класса зерна, который поровну распределяется между сливом и продуктом, который выходит из песковой насадки. То есть такие частицы находятся в равновесии под действием силы сопротивления жидкости и центробежной силы.

Классификация по крупному граничному зерну осуществляется в гидроциклонах большого диаметра при низком давлении. Аппараты с малым диаметром с удлиненной цилиндрической частью применяются для разделения по более мелкому зерну. Такие гидроциклоны обычно имеют небольшой угол конусности, и работают при высоком давлении в системе.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1. Административно-географические условия города Северска

Объект исследования - ТЭЦ расположена в городе Северске, Томской области Российской Федерации. Функционирует с 1954 года.

Город Северск находится на правом берегу реки Томи, в тринадцати километрах от Томска, основан в 1949 году и занимает площадь 485,7 км<sup>2</sup>. Он является самым крупным закрытым городом в России. Сибирский химический комбинат является градообразующим предприятием. Здесь впервые в Сибири был произведен уран.

Население составляет 114,9 тыс. человек (данные на 01.01.2015г.), из которых 57,8% - трудоспособного возраста.

ЗАТО Северск включен в Ассоциацию закрытых административно-территориальных образований атомной промышленности [38].

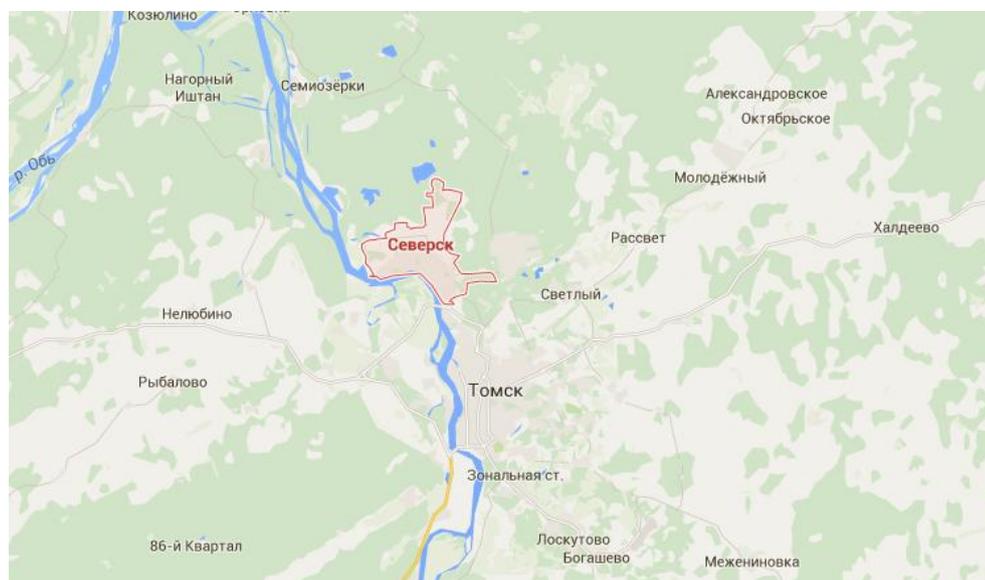


Рисунок 2.1 – Обзорные карты г. Северска



Рисунок 2.2 – Обзорная карта г. Северска

Северск расположен на юго-востоке Западно-Сибирской равнины [33]. Формы рельефа рассматриваемой территории образовались в четвертичный период в результате речной эрозии при изменении климата, в период оледенения и межледниковья. Большое влияние оказали современные тектонические движения и геологические процессы. Здесь сочетаются аккумулятивные и денудационные равнины. Поверхность города характеризуется неровным рельефом.

Климат рассматриваемой территории континентальный с равномерным увлажнением, морозной зимой и достаточно теплым летом. Открытость территории Западно-Сибирской равнины способствуют свободному проникновению воздушных масс как из Арктики, так и из Центральной Азии. Поэтому здесь часто наблюдается смена, неустойчивость погоды, особенно в весенне-осенний период. Четко выделяются четыре сезона года. Начало зимы - последняя декада октября – начало ноября, окончание - вторая-третья декада марта. Лето начинается со второй половины мая и заканчивается в первой декаде сентября.

Территория относится к зоне избыточного и достаточного увлажнения. Самое большое количество осадков выпадает в летние месяцы,

минимальное количество приходится на февраль. В целом, на территории среднегодовое количество осадков составляет 450-500 мм, иногда (в отдельные годы) достигает 600 мм. Высота снежного покрова составляет 50-60 см.

Преобладающие направления ветров - южное и юго-западное, со средней скоростью 2-5 м/с, редко до 15 м/с. Зимой часты метели [33].

Междуречье рек Самуська и Камышка – слабоволнистая, слегка дренированная и сильно заболоченная равнина, где абсолютные отметки высот колеблются от 70 до 172 м. Почвы переувлажнены, чему способствует достаточно большое количество осадков (до 500-550 мм) при недостатке тепла и низких показателях испарения. Поэтому формируются болотные и подзолистые почвы.

В междуречье Камышки и Самуськи выделяют четыре типа почв: болотно-подзолистые, подзолистые, пойменные, болотно - торфяные.

Преобладают дерново-подзолистые и подзолистые почвы, так как этому способствуют условия увлажнения, литология отложений, растительность. Их формирование связано с интенсивным выщелачиванием и оподзоливанием. Дерново-подзолистые почвы образуются на песках и супесях, для которых характерна фракция песка 78-79%, размером 1-1,05 мм. Реакция почвенного раствора кислая. Основные признаки таких почв - глееватость, которая связана со слабым дренажем территории и длительным промерзанием грунта.

Для дерново-подзолистых почв характерен подзолистый горизонт, выделение гумусового слоя с содержанием гумуса 2-4%, белесого или светло-серого цвета. Толщина гумусового горизонта колеблется от 10 до 30 см. Элювиальный слой имеет буровато-белесую окраску и сильно осветлен [36].

Под покровом влаголюбивой растительности, в условиях застойного увлажнения образуются болотные торфяные почвы. К процессам торфообразования приводит неполное разложение и накопление остатков

отмирающей растительности в теплый период года. Такие почвы широко распространены на междуречье вышеназванных рек Камышка и Самуська. Они формируются под специфической олиготрофной растительностью (сфагновые мхи, пушица, полукустарники, редкие угнетенные сосны), в углублениях второй надпойменной террасы Томи, на расширенных плоских участках долины реки Самуська, в среднем течении под сильно увлажненным покровом темнохвойной тайги. Мощность почв здесь составляет около 200 см. Одновременно болотные земли, где распространены верховые торфяники, в междуречье Камышки и Самуськи имеют особое балансовое значение и подлежат сохранению, как зоны накопления поверхностной влаги, которая поддерживает уровень воды в близлежащих озерах.

Все типы почвенного покрова имеют низкое естественное плодородие, малопригодны для сельскохозяйственного использования, так как содержат мало гумуса, сильно кислые, низким содержанием калия и фосфора. Восстановление и улучшение таких почв требует внесения большого количества минеральных и органических удобрений. Поэтому увеличение площади сельскохозяйственных земель не должно негативно влиять на окружающую среду, на изменение уровня воды в озерах, ее качество, а также состояние водосборной поверхности озер в районе п. Самусь. [33].

По территории исследуемого района расположено 114 рек. Их общая протяженность составляет 2193 км.

В ЗАТО Северск протекает р. Большая Киргизка и р. Томь.

Томский район сосредотачивает 58,3% подземных вод Томской области. Он находится в пределах юго-восточной части Западно-Сибирского артезианского бассейна.

Здесь находится область сочленения двух крупных гидрогеологических структур: Колывань-Томской складчатой зоны и Западно-Сибирского артезианского бассейна.

В исследуемом районе находятся следующие водоносные горизонты и комплексы:

1. Водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений. Он включает взаимосвязанные водоупорные и водоносные горизонты болотных озерных отложений, отложений надпойменных террас, пойм рек, аккумулятивных равнин и древних ложбин стока. Этот комплекс широко распространен на правобережье р. Томь и в пределах Обь-Томского междуречья. На поймах рек, террасах, ложбинах стока и водоразделах встречаются воды озерно-болотных отложений. Они сложены торфяниками, илистыми суглинками и илами, мощность которых достигает 6 м. Они характеризуются низкой водоотдачей. Породы пойменных осадков сложены песками и гравийно-галечниковыми отложениями мощностью от 5 до 23 м и содержат воду.
2. Водоносный комплекс палеогеновых отложений - основной источник обеспечения водой городов Томска и Северска. Этот комплекс привязан к отложениям юрковской, кусковской и новомихайловской свит, которые сложены алевритами, песками, глинами, прослоями лигнитов и бурых углей.
3. Водоносный комплекс меловых отложений включает водоносные горизонты сымской и симоновской свит. Он имеет широкое распространение в пределах исследуемой территории, но он отсутствует в юго-восточной части Обь-Томского междуречья.

Подземные воды палеозойских структур имеют место везде, и выходят на поверхность на правом берегу реки Томь, резко погружаясь в северо-западном и северном направлении. Приуроченные ко всем водонесущим типам отложений, подземные воды являются источником хозяйственно-питьевого водоснабжения и отличаются удовлетворительным качеством подземных вод [1].

Большое значение в питании всех выделенных водоносных горизонтов и комплексов имеет инфильтрация атмосферных осадков.

Различие абсолютных отметок уровня воды в первом водоносном горизонте и нижезалегающих слоях становятся значительно меньше по направлению к р. Томи. Когда наступает половодье, уровни воды в реке превышают уровни подземных вод и в это время река, вместо области расхода, становится областью питания для подземных вод [1].

## **2.2 Северская ТЭЦ. Характеристика**

Северская ТЭЦ (ТЭЦ СХК) — это тепловая электростанция находящаяся в городе Северск[38].

- Начало эксплуатации - 1953 г.
- Мощность - 550 МВт
- Мощность тепловая - 1761 Гкал/час
- 18 котлов

Одним из главных поставщиков угля России является Кузнецкий бассейн.

Имущественный комплекс ТЭЦ, к которому добавились участок по обслуживанию золоотвала завода гидроэнергоснабжения и станция «Угольная» бывшего железнодорожного цеха с железнодорожными путями, остался в собственности Сибирского химического комбината[38].

Золоотвалом называется место сбора и утилизации золошлаковых отходов, образующихся при работе ТЭС и подобных предприятий промышленного назначения. Золоотвал - неотъемлемая часть в работе ТЭС. При сжигании твердого топлива образуется большое количество шлака и золы, которые требуют хранения [3].

Одной из главных проблем, которые стоят перед Российской угольной промышленностью, является складирование золошлаковых отходов электростанций. В нашей стране, на 165 угольных теплоэлектростанциях сгорает около 131 млн. т. угля. За год, образуется в среднем около 25 млн. т золошлаковых отходов, а используется в полезных целях – не более 2 млн. [3].

Большая часть ТЭС удаляет золу и шлаки в намывные отвалы гидравлическим методом. При этом система складирования и гидроудаления отходов сопровождается рядом сложностей, и является не эффективным. Такие золоотвалы имеют высокую степень аварийности. Некоторые из них близки к переполнению. Увеличение золоотвалов происходит постоянно, в результате чего под них отводят все большие площади. Также для транспортировки золошлака требуется большое количество воды, которая насыщается вредными веществами и в дальнейшем отравляют близлежащие участки территории.

Следует подчеркнуть то, что золоотвалы должны находиться вблизи предприятия, из чего следует, что если их не перерабатывать, то складировать их через какое-то время работы предприятия будет просто некуда. При достижении критического уровня заполнения, некоторые предприятия будут вынуждены уменьшать мощности.

Переработка и эксплуатация отвалов требует достаточно больших затрат, в результате чего увеличивается себестоимость электроэнергии. Россия находится на очень низком уровне по использованию золошлаковых отходов. Перерабатывается менее 10 % золошлаковых материалов. При такой же тенденции крайне малого использования ЗШО через два года их объем достигнет 2 млрд. т. По мнению экспертов, количество отходов, образованных путем сжигания твердого топлива в ближайшие годы будет только увеличиваться.

На первом месте по переработке золошлаковых отходов стоит Дания, в это стране практически вся масса отходов используется в полезных целях.

В Польше, степень использования золошлаковых отходов составляет около 87%. Материалы активно применяются в строительных и промышленных целях, заменяя более дорогие аналоги. Если продолжать такой список, то Россию можно увидеть на дальних строчках данной статистики. Как уже говорилось выше, в нашей стране используется всего 10%. Основная масса просто складывается занимая сотни гектаров и

загрязняя окружающую среду. Большая часть золоотвалов России находится на Урале (34%) и в Сибири(23%).

Золоотвалы могут погубить угольную энергетику. На данный момент имеется незначительное количество НИР и проектных работ по этой теме но актуальность этого вопроса растет ежегодно.

### **2.3 Золоотвалы Северской ТЭЦ**

Золоотвал находится в Северо-западной части г. Северска, в долине р. Томь. Этот золоотвал, как и многие из них, отделен от реки дамбой (рис.3.1.). Переработкой золошлаковых отходов в Томской области начали заниматься еще в 60-х годах, с развитием энергетики. Но понастоящему актуальной – эта проблема стала только в последние годы. Золоотвалы близки к переполнению и их содержание приносит убытки.

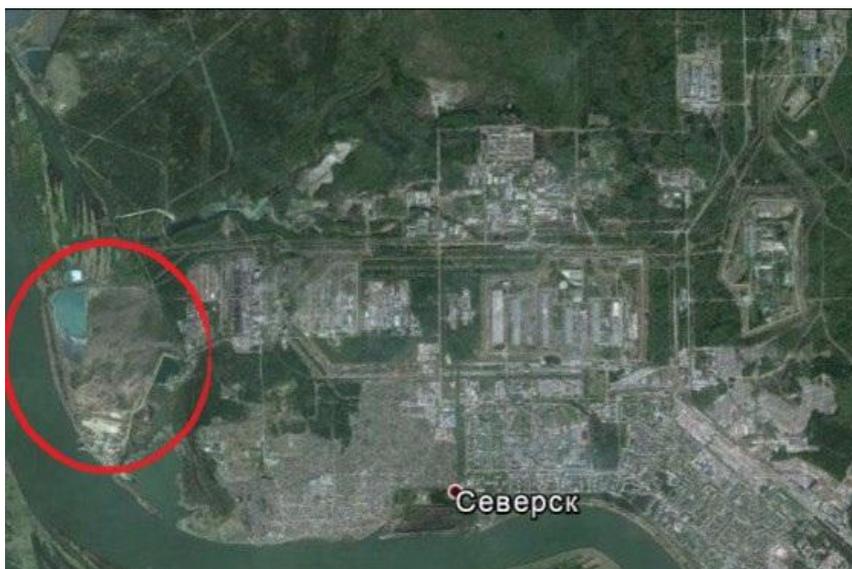


Рисунок 2.3 – Месторасположение золоотвала №2. г. Северск

## Расчет объема (V) и массы сырья (m) золоотвала №2



Рисунок 2.4 - Объем (V) золоотвала №2

Масса золоотвала может быть рассчитана исходя из V золоотвала и  $\rho$  золошлакового материала.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Формула расчета плотности ( $\rho$ )

- Приблизительный объем золоотвала = 7304,4 м<sup>3</sup>
- $\rho = 1630$  кг/м<sup>3</sup>
- масса золоотвала = 11906172 тонн

### 2.4 Свойства и состав зол и шлаков

Уголь –горная порода, образовавшаяся из продуктов биохимического и физико-химического превращения исходного растительного материала. Изменения органического вещества твердых горючих ископаемых в

разнообразных геологических условиях их формирования способствуют существованию в природе многочисленных типов, классов и разновидностей ископаемых углей, состав которых варьируют в широком диапазоне[4].

Зола угля - остаток несгоревших веществ, которые образуются после ископаемого топлива[14].

Золошлаковые отходы с разных месторождений не обладают стабильным химическим и фазово-минералогическим составом, а по гранулометрическим свойствам может быть охарактеризован как тонкодисперсный (менее 100 мкм). В природе нет такого сырья, в котором количественно сочетаются те же фазы, что и в составе золы[16].

Минеральная масса угля и новообразованные минеральные фазы, образующиеся при сжигании угля в топках котлов, изучались в основном с точки зрения их влияния на работу котлов (шлакование поверхностей нагрева, золовой износ поверхностей нагрева, условия жидкого шлакоудаления и т.д.), тогда как фазовый минералогический состав золы, крайне важный для определения направлений ее использования и для разработки технологии глубокой переработки, изучен недостаточно[14].

Золы углей с разных месторождений и разных марок имеют различия по своему составу. Всего в золах было обнаружено порядка 150 минералов, большую часть из которых занимает кварц, различные алюмосиликатные и силикатные стеклофазы, минералы железа, имеющие магнитные свойства. В меньших количествах присутствуют сульфаты, алюмосиликаты и многие другие вещества [14].

## **2.5 Эволюция золообразующих компонентов углей при их сжигании**

Для того чтобы грамотно реконструировать итоговый минеральный состав золы, необходимо отчетливо представлять себе фазовые превращения минерального вещества, реализующиеся в процессе сжигания топлива, а также характер его взаимодействия с раскаленными топочными газами.

Достаточно просто и наглядно этот вопрос рассмотрен в монографии Л.Я. Кизильштейна и др. [13], по материалам которой составлена таблица 1.

## 2.6 Алумосиликатные полые микросферы

Процесс образования алумосиликатных полых микросфер происходит в результате сжигания углей. Минеральные компоненты расплавляются, и движутся в газовом потоке в виде отдельных мельчайших капель, раздуваются за счет увеличения объема захваченных газовых включений. По своим характеристикам техногенные глобулы похожи на полые микросферы, которые получают из расплавов промышленными методами. Их используют как наполнители различных композиционных материалов. Производить такой материал в настоящее время очень затратно. Это требует сложной технологии. В результате производство такой продукции невелико, прежде всего из-за высокой себестоимости. Стоимость микросфер, извлекаемых из золошлаковых материалов значительно ниже, а их запас на ТЭС оценивается сотнями тысяч т. в год [14].

Микросферы, как уже говорилось выше, имеют сферическую форму. Их диаметр изменяется в пределах 5 - 400 мкм, а толщина стенок в среднем составляет 7 мкм. Итоговый продукт является закаленной системой.

Внутри микросфера заполнена по большей части азотом, кислородом и водяным паром. В меньшем количестве присутствует сероводород, метан, закись углерода, аммиак, и легкие углеводороды. Силикатные микросферы имеют температуру плавления свыше 1350 °С[6].

Таблица 1 - Основные формы соединений макрокомпонентов минеральной части угля и первичных продуктов их превращений при термообработке

Макрокомпонент	Соединения, минералы	Соединения, образующиеся при термической обработке в среде	
		окислительной	восстановительной
Сера	Дисульфид FeS <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> и SO <sub>3</sub> , сульфаты, пирротин	H <sub>2</sub> S, S, сульфиды, сульфаты, пирротин, сульфиты
	Сульфаты	Сульфаты, SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S, сульфаты, сульфиты
	Сульфоорганические		
Кремний	Оксид (кварц)	β-SiO <sub>2</sub> , высокотемпературные модификации SiO <sub>2</sub>	До 1300 °С те же соединения, что в окислительной среде, выше - SiC, SiO, кремнийалюминиевые сплавы
	Элементоорганические		

			и др.
Алюминий	Алюмосиликаты	$H_2O, Al_2O_3 \times 2SiO_2$ ( $3Al_2O_3 \times 2SiO_2 + SiO_2$ )	До 1500 °С те же соединения, что в окислительной среде
	Каолинит		
	Монтмориллонит	$H_2O, SiO_2$ кордиерит, энстатит, муллит, шпинель	До 1500 °С те же соединения, что в окислительной среде
	Гидрослюды	$H_2O$ , стеклообразная масса, шпинель, муллит, $K_2O$	
	Полевые шпаты	$H_2O$ , стеклообразная масса, $Na_2O$ (газ), $K_2O$ (газ), муллит, шпинель, силикаты	До 1500 °С те же соединения, что в окислительной среде
	Давсонит $NaAlCO_3(OH)_2$		
	Комплексные гуматы	$Al_2O_3, CO_2, H_2O$	$Al_2O_3$ , газообразные продукты
Железо	Сульфиды*	$SO_2, SO_3, Fe_2O_3$	$Fe^*, FeO$
	Сульфаты		$Fe, Fe_3O_4$ $Fe_3O_4, FeO, Fe^*$
	Карбонаты (сидерит)	$CO_2, Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeO$	$CO_2, FeO, Fe_3O_4, FeS$
	Оксиды и гидроксиды	$H_2O$ , оксиды железа	$Fe, FeO, Fe_3O_4, H_2O$
	Комплексные гуматы	То же, $CO_2$	$Fe, FeO, Fe_3O_4$ , газообразные продукты
Кальций (магний)	Карбонаты $CaCO_3$ , $MgCO_3$ , $CaMg(CO_3)_2$ и др.	$CO_2, CaO, MgO$	То же, что в окислительной среде
	Сульфаты (гипс)	$H_2O, CaSO_4$	$H_2O, CaSO_3, CaS, CaO$
	Гуматы	$CO_2, CaO, MgO, H_2O$	$MgO$ , газообразные продукты
	Алюмосиликаты**	**	**
Натрий (калий)	Алюмосиликаты**	**	**
	Хлориды ( $NaCl, KCl$ )	$NaCl, KCl$	$NaCl, KCl$
	Гуматы	$CO_2, R_2O, H_2O$	$CO_2, R_2O$ , газообразные про- дукты
Титан	Рутил $TiO_2$	$TiO_2$	$TiO_2$ , низшие оксиды титана
	Элементоорганические или комплексные гуматы	$TiO_2, CO_2, H_2O$	Оксиды титана различной валентности, газообразные продукты

Примечание. По материалам Я.Я. Кизильштейна и др. [1995].

\* Включая также минералы и соединения, указанные для макрокомпонента сера.

\*\* Все минералы и соединения, указанные для макрокомпонента алюминий.

Алюмосиликатные микросферы выделяют из золошлаковых смесей, поступающих на золоотвалы, а также из сухой золы. Микросферу можно разделить на плавающую и тонущую. Первую не составляет труда отделить при помощи бонов на золоотвалах.

## 2.7 Ферросферы

Микросферы высокожелезистые, до сих пор не имеют устоявшегося названия. Их называют магнетитовыми шариками, магнетитом, магнитными шариками, магнитными микросферами, магнетитовыми микросферами, магнитными микросферами, ферросферами. Последний термин является наиболее точным. Ферросферы практически всегда входят в состав зол

уноса. Их содержание значительно превосходит концентрацию силикатных микросфер.

Диаметр ферросферы обычно не превышает 300 мкм. Существует зависимость между составом и размером ферросферы. Практически всегда, ферросферы мельче, чем больше в них содержание концентрация железа и рудных кристаллитов. Увеличение их диаметра связано с тем, что размеры частиц зависят от массы, которая определяется относительным объемом компонентов и их плотностью[14].

Рудные микросферы как правило в 2-3 раза меньше алюмосиликатных полых микросфер.

Основным компонентом ферросферах является железо, содержание которого достигает 88 мас.%, далее следуют оксид кремния (до 32 мас.%), оксид алюминия (до 14 мас.%), MgO (до 8 мас.%). CaO (до 10 мас.%). Потенциальные запасы магнитных микросфер составляют сотни тысяч т. в год для каждой ТЭС.

Как правило, магнетитовые концентраты выделяют из золы при помощи электромагнитной сепарации. Однако ферросферы, имеют непостоянный химический и фазовый состав из-за агрегации тонкодисперсного материала. Наиболее чистые композиты, составляющие более 95 мас.% магнетита удастся извлечь путем последовательного применения сухой и влажной магнитной сепарации [14].

## **2.8 Применение алюмосиликатной микросферы**

В связи с интенсивным развитием инновационного подхода в бизнесе, возросли требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях - под действием высоких температур, больших и разнообразных механических нагрузок, химически активных сред, излучений и т.д.

Практически любая техническая проблема, требующая снижение веса при низкой теплопроводности, экономии объема, высокой прочности,

повышенной устойчивости к агрессивным средам и эрозии может быть решена при применении алюмосиликатных микросфер.

Нефтегазовая промышленность: добавка микросфер к бурильным растворам не только интенсифицирует процесс бурения скважин, но и существенно увеличивает срок службы бурильного оборудования. Кроме этого, наполнение цементных растворов микросферами позволяет получить безусадочный, теплоизолирующий, быстро твердеющий материал, обеспечивающий надежную связь пласта с обсадными трубами.

Огнеупорная промышленность: производство легковесов, шамотные изделия

Строительство: сверхлегкие бетоны, сухие строительные смеси, известковые растворы, жидкие растворы, цементы, штукатурка, покрытия, изоляционные кровельные покрытия и звукозащитные материалы

Керамика: огнеупорные материалы, легкие огнеупоры, покрытия, изоляционные материалы, абразивные высокопористые материалы

Пластмассы: нейлоновые, полиэтиленовые, полипропиленовые и др. материалы различных плотностей, синтактические пены

Машиностроение: Шины, композиты, ремонтные шпатлевки, звукозащитные материалы, грунтовки.

Химическая промышленность: дробильные материалы, пеногасители, катализаторы

На сегодняшний день, применение нетрадиционных материалов в качестве теплоизолирующих материалов, становится достаточно распространенным.

Зачастую, такие материалы являются композицией полых керамических или же стеклянных микросфер, диаметр которых не превышает нескольких микрон и акриловых смол. Акриловые смолы выполняют роль связующего вещества, а микросферы выполняют теплоизолирующую функцию. Такой материал при крайне малой толщине от десятых мм

обладает очень высокими теплоизолирующими свойствами, хорошей адгезией и прочностью.

#### Сырьевая смесь для изготовления легкого бетона

Микросфера находит применение в качестве заполнителя легкого бетона. Бетон на основе алюмосиликатов имеет повышенную прочность, и сравнительно небольшую объемную массу. Сырьевая смесь для изготовления легкого бетона состоит из полых микросфер, глиноземистого цемента и каолина. Прочность такого материала в 2-3 раза выше аналогов, и он немного легче по массе. Легкий бетон на основе микросферы используется для футеровки печей, температуры которых достигают 1200°C.

#### Ячеистый бетон

Ячеистые бетоны, приготовленные с использованием микросфер, могут быть применены для производства теплоизоляционных плит, имеющих намного большую прочность, в сравнении с другими плитными утеплительными материалами (плиты из минеральных волокон, плиты из пенопластов или полиуретанов). Использование микросфер в производстве теплоизоляционно-конструкционных и конструкционных ячеистобетонных изделий даёт возможность повышения их прочности при сохранении плотности, и, соответственно, получения прочных изделий с пониженной плотностью, что в конечном итоге приводит к улучшению теплотехнических характеристик изделия (патент CELLULAR CONCRETE WO/2006/12141920061116).

В зависимости от вида ячеистого бетона, а соответственно и от толщины стенки между воздушными порами, микросферические частички либо находятся внутри плотной матрицы стенки воздушных пор бетона, либо частично выходят в сами воздушные поры, значительно увеличивая таким образом площадь внутренней поверхности воздушной поры, которая в свою очередь более эффективно задерживает тепловой поток.

Отличные тепло- и звукоизолирующие качества ячеистого бетона аналогичны по параметрам существующим плитным изоляционным

материалам. При этом, в отличие от большинства традиционных изоляционных материалов он обеспечивает:

- возможность обустройства «дышащих» однослойных стен (хорошая паропроницаемость);

- уменьшение стоимости строительства за счет уменьшения толщины стены до необходимой конструкционно-несущей толщины и уменьшения нагрузки на фундамент;

- уменьшение стоимости строительства за счет отсутствия сложных технологических операций по обустройству дополнительной теплоизоляции, а также сокращения сроков строительства;

- универсальность - возможность применения как для внутренних, так и для внешних работ, устройства теплозвукоизоляции полов и перекрытий;

- технологичность - высокая прочность в сравнении с существующими теплоизоляционными материалами (волоконные, вспученные пластики).

#### Наполненные и армированные материалы

Полиацетали с наполнителями из волокнистого материала, с микросферами, выделяется повышенным модулем упругости, по сравнению с основным материалом, но в то же время меньшей и, как правило, независимой от направления литья усадкой. В результате они служат для создания жестких деталей со стабильными размерами. Существует ряд продуктов с минеральными наполнителями, созданных для изготовления сложных деталей с высокой стабильностью размеров. В качестве наполнителей обычно используются тальк, рубленое стекловолокно, волластонит или мел с необработанной поверхностью для лучшего скрепления.

Микросферу добавляют в композиции со стекловолокнистым наполнителем, что значительно повышает прочностные характеристики при разрыве.

#### Новые полимерные материалы

Жесткость полимерных материалов можно значительно повысить при добавлении в него наполнителя. В результате исследований было выявлено, что наполнитель способен значительно повысить модуль упругости материала. Повышение вибропоглощающих качеств можно получить, введя в полимер анизотропические наполнители, то есть наполнители чешуйчатой или слоистой (несферической) формы.

#### Синтактный пенопласт

В процессе формования нередко возникает необходимость заполнить труднодоступные пространства и небольшие впадины. Сплошной стеклопластик тяжел. Его объемная масса составляет 1,5 грамма на кубический сантиметр. К тому же это дорогостоящий материал. Шпаклевки на основе смол значительно дешевле, но тяжелее. Кроме того, и шпаклевки и стеклопластик, обладают ярко выраженными экзотермическими свойствами, то есть после затвердевания они становятся горячими. Возникающие напряжения способны вызвать растрескивание, а также повредить смежные участки стеклопластиковой конструкции.

Синтактный пенопласт – это та же шпаклевка на основе смолы, только с легковесным наполнителем. В качестве наполнителя иногда применяется микросфера.

По сравнению с аналогами, такие пенопласты имеют большую массу 0,3-0,4 г/см<sup>3</sup>, но, несмотря на это они удобны в использовании, легко принимают необходимую форму и могут быть быстро приготовлены. Но для заполнения больших объемов логичнее использовать дешевый и легкий полиуретан.

Прочность на сжатие синтактного пенопласта, как правило, высока, и он может применяться для изготовления вкладышей, вставляемых в трехслойную конструкцию.

#### Высокопористые шлифовальные круги с закрытой структурой

Разработан и успешно внедряется в промышленность принципиально новый вид абразивного инструмента - высокопористые шлифовальные круги

закрытой структуры повышенной производительности и с широким спектром технологических свойств при рабочих скоростях до 120 м/с.

## **2.9 Способы добычи**

Из уровня техники известны различные способы сбора микросфер. Наиболее близким аналогом по назначению и получаемому техническому результату представляется описанный в патенте RU 2236905 способ получения микросфер из летучей золы тепловых электростанций, который включает гидросепарацию водной суспензии микросфер, извлечение микросфер и их обезвоживание. В известном способе для гидросепарации формируют зону концентрации микросфер высотой 50-150 мм, извлекают материал путем забора их водной смеси на глубине от 30 до 100 мм, а дальнейшее обезвоживание проводят в емкости из пористого материала. Размер пор должен быть меньше минимального размера микросфер, то есть 20 микрон.

Недостатки заключаются в том, что в процессе обезвоживания микросфер теряется до 20% от исходного объема, а также невысокая производительность и эффективность технологического процесса. Возникает проблема с размывом дамбы.

Задачей заявляемого изобретения является разработка эффективной и недорогой технологии сбора микросфер. Технический результат заключается в упрощении и усовершенствовании технологии, снижении затрат на оборудование, снижении потерь до минимума, значительном увеличении объемов производства, соблюдении экологических норм. Для реализации ручного сбора микросфер не требуется проведения специальных подготовительных работ, подключения линий электропередачи. В отличие от ближайшего аналога сбор производится с помощью лодки и тягового механизма, увеличивается площадь сбора микросфер, уменьшается трудоемкость, на дамбе под МКР устанавливается специальный водоотводящий желоб, суспензия с которого поступает в дополнительный

МКР, что позволяет более эффективно вести сбор микросфер в щадящем экологии режиме.

Указанный технический результат достигается тем, что заявляемый способ, включающий операции гидросепарации водной суспензии, извлечение микросфер и их обезвоживание, для операции гидросепарации водной суспензии в золоотвальном водоеме формируют зону концентрации микросфер высотой 50-150 мм от поверхности зеркала золоотвального водоема, отделение микросфер ведут путем забора водной суспензии микросфер из зоны концентрации микросфер на глубине 30-100 мм, а обезвоживание микросфер осуществляют в емкости из пористого материала, отличается тем, что сбор микросфер производят с помощью плавающих бонов. Водоотжим производится в конечном итоге через МКР, а не сбрасывается в зону концентрации. Также производится дополнительное бонирование зоны сброса водной суспензии из систем гидрозолоудаления радиусом до 100 м, что исключает разветривание микросфер по поверхности золоотвала. Поскольку большая часть микросфер оседает на дно золоотвала вместе с золой, то для увеличения объемов добычи микросферы из донных отложений поднимают на водную поверхность золоотвала с помощью средств гидромеханизации. Рыхление отложений золоотвала может производиться, к примеру, с помощью землесосного снаряда ЗГМД 400/20. Корпус земснаряда представляет собой катамаран, выполненный из двух понтонов. Понтоны соединены между собой межпontonной рамой на корме, внутри которой находится топливный бак, и порталом в носовой части. Всплывающие микросферы собирают с помощью плавающих бонов и транспортируют к месту сбора.

Способ реализуется с помощью устройства комбинированного сбора микросфер, который включает землесосный снаряд для рыхления донного грунта, корпус земснаряда представляет собой катамаран, выполненный из двух понтонов, понтоны соединены между собой межпontonной рамой на корме, внутри которой находится топливный бак, и порталом в носовой

части. Включает также полипропиленовые бонны длиной 30 м, шириной 0,5 м. Каждый бон снабжен в верхней части полипропиленовым тросом для связки боннов. В нижней части бон снабжен полипропиленовым шпагатом для удержания утяжелителя, например, якорной цепью. Бон заполняется пустой пластиковой тарой объемом 5 л. Между собой бонны связываются с помощью троса. Бонирование производится при помощи тяговой лебедки. Для придания конструкции устойчивости на воде на нижний полипропиленовый шпагат навешивается якорная цепь. Собранный конструкция транспортируется к месту проведения работ по сбору микросфер. С помощью боннов микросферы концентрируются к месту сбора. Для сбора микросфер с поверхности золоотвала используют центробежную мотопомпу, например, «Koshin» КТН-80Х. Центробежные мотопомпы представляют собой самовсасывающие насосы с бензиновым двигателем, смонтированные на раме.

### 3 Постановка целей и задач магистерской диссертации

Цель работы:

- Спроектировать установку для выделения тонущей алюмосиликатной микросферы из золошлаковой пульпы.

- Произвести реконструкцию мешалки окрасочных составов СО – 140.

Задачи:

Модернизировать

- Спроектировать подшипниковый узел для краскомешалки СО – 140.

- Спроектировать систему гидроциклонов для выделения твердой фракции из золошлаковой пульпы.

- Провести исследования по подбору наиболее эффективных параметров и габаритных размеров гидроциклонов.

## 4 Расчеты и аналитика. Проектирование

Установка представляет собой замкнутый контур подготовки и переработки золошлаковой пульпы. Сухая смесь загружается в резервуар для подготовки влажной смеси, в качестве перемешивающего устройства служит краскомешалка СО-140. После перемешивания пульпа поступает на систему гидроциклонов где отфильтровывается тонущая алюмосиликатная микросфера. Осветленная жидкость перекачивается обратно в резервуар и перемешивается.

В качестве лабораторного перемешивающего устройства для приготовления золошлаковой пульпы используется краскомешалка со-140. Это устройство имеет не большой срок службы и требует доработок.

### 4.1. Мешалка для окрасочных составов СО-140. Расчет подшипникового узла для краскомешалки

Мешалка для окрасочных составов СО-140 предназначена для приготовления и перекачивания лакокрасочных составов, в том числе гидроизоляционных. Она состоит из рамы с бункером, вала с турбинкой, вращающегося посредством клиноременной передачи от электродвигателя, разгружающего и защитно-отключающего устройств (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Мешалка для окрасочных составов СО-140

Состав приготавливается в бункере высокооборотной турбинкой и выгружается насосом центробежного типа.

Краскомешалка СО-140 производилась для приготовления лакокрасочных составов непосредственно на строительном объекте, и была распространена из-за не высокой цены по сравнению с аналогами.

Как уже говорилось выше, это устройство имеет не большой жизненный цикл, что для нашей разработки является существенным недостатком. Как мы видим из рисунка, электродвигатель напрямую соединен с валом, на котором находится турбина. Соответственно все нагрузки приходятся на электродвигатель. Было принято решение спроектировать подшипниковый узел и упругую муфту между двигателем и валом мешалки. Эластичные элементы позволят компенсировать незначительные осевые, радиальные и угловые смещения валов, что значительно продлит сроки эксплуатации.

Рациональное решение всего комплекса вопросов, возникающих при проектировании, должно обеспечить нормальную работу подшипникового узла.

#### **4.2 Расчет подшипникового узла для краскомешалки**

Причиной заклинивания подшипников в узле могут быть температурные удлинения вала, возникновение значительной осевой нагрузки при неточно выдержанных линейных размерах вала из-за непродуманной взаимной установки подшипников. Прогибы валов, несоосность посадочных мест могут также служить причиной заклинивания. В момент движения это чревато неприятными последствиями. Предотвращение этого достигается различными мероприятиями.

В краскомешалке используется электродвигатель АИР 80А4

Мощность – 1.1 кВт

Номинальная частота вращения – 1420 об/мин

КПД – 76.5%

$$\cos^{\varphi} - 0.77$$

$$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 5$$

$$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}} = 2.2$$

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}} = 2.4$$

$$\frac{M_{\text{min}}}{M_{\text{н}}} = 1.7$$

Масса - 11.9 кг

Для механизма было выбрано 2 роликовых конических подшипников лёгкой серии (7208А) и шариковый радиальный (208).

Подшипник 7208А

Динамическая грузоподъемность:  $C_r = 58,3 \text{ кН}$ .

Статическая грузоподъемность:  $C_{0r} = 40 \text{ кН}$ .

Диаметр вала под подшипник:  $d = 40 \text{ мм}$ .

Диаметр внешнего кольца подшипника:  $D = 80 \text{ мм}$ .

Наибольшая ширина подшипника:  $T_{\text{наиб}} = 20 \text{ мм}$ .

Ширина подшипника:  $B = 18 \text{ мм}$ .

$$e = 0,37.$$

Подшипник 208

Динамическая грузоподъемность:  $C_r = 32 \text{ кН}$ .

Статическая грузоподъемность:  $C_{0r} = 17,8 \text{ кН}$ .

Диаметр вала под подшипник:  $d = 40 \text{ мм}$ .

Диаметр внешнего кольца подшипника:  $D = 80 \text{ мм}$ .

Наибольшая ширина подшипника:  $T_{\text{наиб}} = 18,5 \text{ мм}$ .

Ширина подшипника:  $B = 18 \text{ мм}$ .

$$e = 0,36$$

$F_r = 314,104 \text{ Н}$  - радиальная сила в зацеплении,

$F_t = 862,923 \text{ Н}$  - окружная сила,

$F_A = 98,024 \text{ Н}$  - осевая сила,

Рассмотрим реакции в горизонтальной плоскости

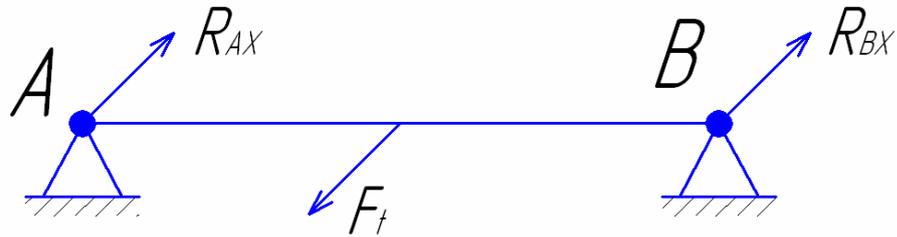


Рисунок 4.2 – Реакции в горизонтальной плоскости

Нагрузка в середине вала:

$$R_{AX} = R_{BX} = \frac{F_t}{2} = \frac{862.923}{2} = 431.4615H.$$

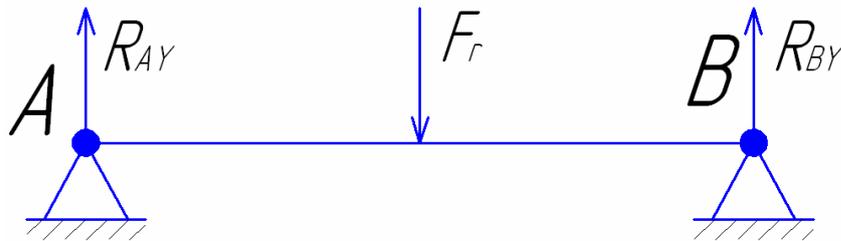


Рисунок 4.3 – Нагрузка в середине вала

Реакции от радиальной силы:

Нагрузка в середине вала:

$$R_{AY} = R_{BY} = \frac{F_r}{2} = \frac{314.104}{2} = 157.052H.$$

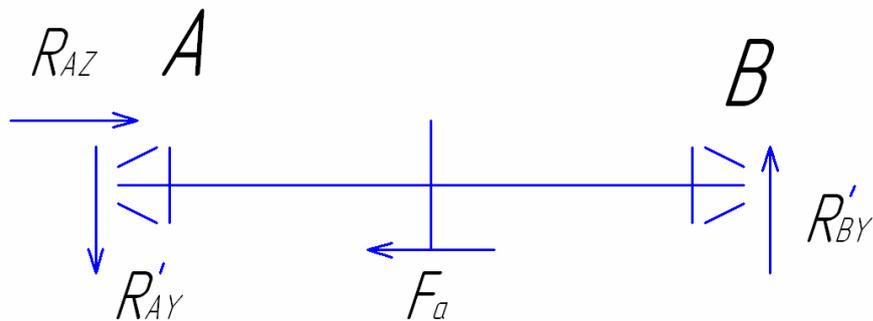


Рисунок 4.4 – Реакции от осевой силы

Реакции от осевой силы:

Так как  $a_1 \cong a_2$  примем, что момент приложен в середине вала.

$$M = \frac{F_a \cdot d_2}{2} = 589,64 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$R'_{AY} = R'_{BY} = \frac{M}{L} = \frac{589,64}{0,216} = 2729 \text{ Н}.$$

Находим реакции в опорах:

$$F_{Ar} = \sqrt{(R_{AY} + R'_{AY})^2 + R_{AX}^2} = 459,266 \text{ Н};$$

$$F'_{Aa} = 496,9 \text{ Н}.$$

$$F_{Br} = \sqrt{(R_{BY} - R'_{BY})^2 + R_{BX}^2} = \sqrt{(667,7 - 62)^2 + (1834)^2} = 1931,4 \text{ Н};$$

$$F'_{Ba} = 0.$$

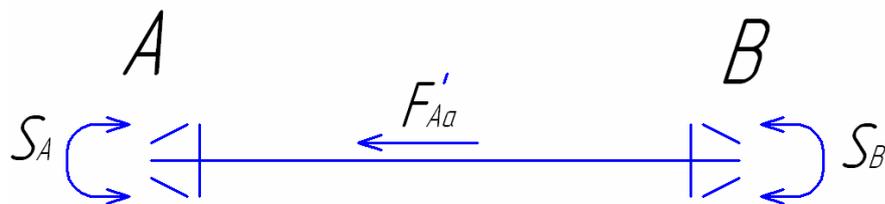


Рисунок 4.5 – Реакции в опорах

$$S_A = e \cdot 0,83 \cdot F_{Aa} = 0,37 \cdot 0,83 \cdot 1973,9 = 606,2 \text{ Н}.$$

$$S_B = e \cdot 0,83 \cdot F_{Ba} = 0,36 \cdot 0,83 \cdot 1931,4 = 577,1 \text{ Н}.$$

Так как подшипник установлен «враспор»:

$$F_{Aa} = F'_{Aa} + S_B = 496,9 + 577,1 = 1074 \text{ Н}.$$

$$F_{Ba} = S_B = 577,1 \text{ Н}.$$

Расчет ресурса подшипника

Подшипник 7208А

$$F_A = 1074 \text{ Н};$$

$$F_r = 1973,9 \text{ Н}.$$

Расчёт на статическую грузоподъёмность:

Находим эквивалентную статическую нагрузку

$$P_{0r} = X_0 F_r + Y_0 F_A = 0.5 \cdot 1973,9 + 0.9 \cdot 1074 = 1953,6 \text{ Н.}$$

$$P_{0r} < C_{0r};$$

$$1953,6 \text{ Н} < 40000 \text{ Н.}$$

Расчёт подшипника на заданный ресурс:

V-коэффициент вращения кольца. V=1 при вращении внутреннего кольца подшипника относительно направления радиальной нагрузки.

$$\frac{F_a}{VF_r} = \frac{1074}{1 \cdot 1973,9} = 0,544 > e = 0,37 \Rightarrow$$

$$X = 0,4;$$

$$Y = 1,7.$$

Эквивалентная динамическая нагрузка вычислена по формуле:

$$P_r = (XVF_r + YF_a) \cdot k_T \cdot k_B$$

где X = 0.4 и Y = 1.7 - коэффициенты,

$k_T = 1$  - температурный коэффициент, так как  $t_{\text{раб}} = 82^\circ < 100^\circ \text{ C}$

$k_B = 1,4$  - коэффициент безопасности.

$$V = 1.$$

$$P_r = (0,4 \cdot 1 \cdot 1973,9 + 1,7 \cdot 1074) \cdot 1 \cdot 1,4 = 3661,5 \text{ Н}$$

Ресурс подшипников определяется по формуле:

$$L_h = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^K \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_B}$$

где  $a_1 = 1$  - коэффициент надёжности при вероятности безотказной работы подшипника 90%,

$a_{23} = 0,65$  - коэффициент, характеризующий совместное влияние на долговечность особых свойств металла деталей подшипника и условий его эксплуатации (для роликоподшипников конических при обычных условиях),

$n_B = 1420 \text{ мин}^{-1}$  - частота вращения вала,

$K = 10/3$  - для роликовых подшипников.

$$L_h = 1 \cdot 0,65 \cdot \left( \frac{58,3}{3,661} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1420} = 76144,8 \text{ ч}$$

Заданный ресурс:  $L'_h = 25000ч$ .

Т.к.  $L_h > L'_h$ , то подшипник подходит.

Подшипник 7305А

$$F_A = 577,1Н;$$

$$F_r = 1931,4Н.$$

Расчёт на статическую грузоподъёмность:

Находим эквивалентную статическую нагрузку

$$P_{0r} = X_0 F_r + Y_0 F_A = 0,5 \cdot 1931,4 + 0,92 \cdot 577,1 = 1496Н.$$

$$P_{0r} < C_{0r};$$

$$1496Н < 20900Н.$$

Расчёт подшипника на заданный ресурс:

$$\frac{F_a}{VF_r} = \frac{577}{1 \cdot 1931,4} = 0,299 < e = 0,36 \Rightarrow$$

$$X = 1;$$

$$Y = 0.$$

Эквивалентная динамическая нагрузка вычислена по формуле:

$$P_r = (XVF_r + YF_a) \cdot k_T \cdot k_B$$

где  $X = 1$  и  $Y = 0$  - коэффициенты,

$k_T = 1$  - температурный коэффициент, так как  $t_{раб} = 82^{\circ} < 100^{\circ} C$

$k_B = 1,4$  - коэффициент безопасности.

Т.к. относительно направления радиальной нагрузки вращается внутреннее кольцо, то  $V = 1$ .

$$P_r = (1 \cdot 1 \cdot 1931,4 + 0) \cdot 1 \cdot 1,4 = 2703Н$$

Ресурс подшипников определяется по формуле:

$$L_h = a_1 \cdot a_{23} \cdot \left( \frac{C_r}{P_r} \right)^K \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_B}$$

где  $a_1 = 1$  - коэффициент надёжности при вероятности безотказной работы подшипника 90%,

$a_{23} = 0,65$  - коэффициент, характеризующий совместное влияние на долговечность особых свойств металла деталей подшипника и условий его эксплуатации (для роликоподшипников конических при обычных условиях),

$n_B = 1420 \text{ мин}^{-1}$  - частота вращения вала,

$K = 10/3$  - для роликовых подшипников.

$$L_h = 1 \cdot 0,65 \cdot \left( \frac{41,8}{2,703} \right)^{10/3} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1420} = 69052,3 \text{ ч}$$

Заданный ресурс:  $L'_h = 25000 \text{ ч}$ .

Т.к.  $L_h > L'_h$ , делаем вывод, что подшипник подходит.

### Проверка вала на прочность

При работе, вал испытывает, в основном, кручение. Крутящий момент с учетом пусковых нагрузок найдем по формуле

$$T_{кр} = K_d N_M / \omega$$

$N_M$  - мощность, потребляемая мешалкой на перемешивание, Вт;

$K_d$  - коэффициент динамичности нагрузки (для лопастных мешалок  $K_d = 2$ );

$$\omega = \pi n / 30 = 3,14 \cdot 82 / 30 = 8,40 \text{ рад/с (угловая скорость)}$$

$n$  - частота вращения вала об/мин;

$$T_{кр} = 2 \cdot 3,5 \cdot 104 / 8,40 = 2650 \text{ Н*м}$$

Полярный момент сопротивления сечения вала рассчитаем по формуле

$$W_p = \pi d_1^3 / 16$$

$d_1$  - диаметр вала под ступицу.

$$W_p = 3,14 \cdot (0,022)^3 / 16 = 28,8 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

Условие прочности на кручение

$$\tau_{кр} = T_{кр} / W_p \leq [\tau]_{кр}$$

$\tau_{кр}$  - максимальное значение напряжения в сечении;

$$\tau_{кр} = 0,5[\sigma] = 0,5 \cdot 28,8 \cdot 10^6 = 57,6 \cdot 10^6 \text{ Па} = 57,6 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение на кручение, Па.

$$\tau_{кр} = 2692 / (100,48 \cdot 10^{-6}) = 25,98 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$25,98 \text{ МПа} < [\tau]_{\text{кр}} = 57,6 \text{ МПа}$$

### 4.3 Расчет гидроциклона

Исходные данные:

Производительность по твердой фазе: 20 кг/ч (0,006 кг/с)

Концентрация пульпы: 1/25 (4%)

Плотность воды: 1000 кг/м<sup>3</sup>

Плотность золы: 2200 кг/м<sup>3</sup>

Насыпная плотность: 980 кг/м<sup>3</sup>

Фракция:  $0,25 \cdot 10^{-3}$  м

Для начала необходимо рассчитать производительность по жидкой фазе, так как в формулах используется именно этот показатель.

Рассчитаем по формуле

$$Q_{\text{ж}} = Q_{\text{тв}} \cdot 25 = 500 \text{ кг/ч}$$

Основной расчетной величиной гидроциклонов является удельная гидравлическая нагрузка ( $q$ ), определяемая по формуле[1]:

$$q = 3.6 \cdot K \cdot \theta$$

где

$q$  – гидравлическая нагрузка м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>\*ч

$K$  – коэффициент пропорциональности (0,61)

$\theta$  – гидравлическая крупность

Гидравлическую крупность найдем по формуле:

$$\theta = (1/18) \cdot g \cdot \left( \frac{\rho - \rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} \right) \cdot d^2 = 0.0000408 \text{ м/с}$$

где

$g$  – ускорение свободного падения

$\rho$  – плотность золы

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды

$d$  – диаметр частицы

Таким образом, гидравлическая нагрузка равна  $0,00008967 \text{ м}^3/\text{м}^2\cdot\text{ч}$

Далее рассчитаем диаметр гидроциклона по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{Q_{\text{ж}}}{0.785 \cdot q}} = 84,28 \text{ (мм)}$$

Гидроциклон оптимальной конструкции имеет следующие геометрические соотношения:

$$\frac{L_{\text{к}}}{D} = 4$$

где  $L_{\text{к}}$  – длина конической части.

$$L_{\text{ц}} = 0.7 \cdot D$$

где  $L_{\text{ц}}$  – длина цилиндрической части.

$$\frac{d_{\text{пит}}}{D} = 0.28$$

где  $d_{\text{пит}}$  – диаметр питающего отверстия.

$$\frac{d_{\text{сл}}}{D} = 0.34$$

где  $d_{\text{сл}}$  – диаметр сливного отверстия.

Таким образом получим:

$$L_{\text{к}} = 337.1 \text{ мм}$$

$$L_{\text{ц}} = 67.4 \text{ мм}$$

$$d_{\text{пит}} = 23.6 \text{ мм}$$

$$d_{\text{сл}} = 28 \text{ мм}$$

$$\alpha = 20^\circ \text{ (угол конусности гидроциклона примем стандартный)}$$

Диаметр песковой насадки рассчитаем по формуле:

$$d_{\text{песк}} = (2.25 \cdot D \cdot d_{\text{сл}} \cdot \alpha) / (d^2 \cdot K_d \cdot (\rho - \rho_{\text{ж}})) = 11.3 \text{ мм}$$

Целесообразно сделать отверстие немного больше рассчитанного, так как оно может быть уменьшено путем использования песковых насадок.

Примем  $d_{\text{песк}} = 12.5 \text{ мм}$

где

$d_{\text{сл}}$  – диаметр сливного отверстия

$D$  – диаметр гидроциклона

$\alpha$  – угол конусности

$d$  – диаметр отсеиваемых частиц

$\rho$  – плотность золы

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды

$K_d$  – поправка на диаметр гидроциклона находим по формуле:

$$K_d = 0.8 + \frac{1.2}{1+0.1*D} = 1.4$$

Производительность рассчитанного гидроциклона уточняется по формуле:

$$Q_2 = 3 * K_d * K_{\alpha} * d_{\text{пит}} * d_{\text{сл}} * \sqrt{P_{\text{вх}}}$$

где  $Q_2$  – производительность гидроциклона

$P_{\text{вх}}$  – давление на входе (2 атм)

$K_{\alpha}$  – поправка на угол конусности гидроциклона находим по формуле:

$$K_{\alpha} = 0.79 + \frac{0.044}{0.0379 + \tan\left[\frac{\alpha}{2}\right]} = 0.78$$

Таким образом  $Q_2 = 9.3 \text{ л/мин} = 0.53 \text{ м}^3/\text{ч}$

#### 4.4 Методика исследования

Тема нашей исследовательской части ВКР заключается в выявлении наиболее оптимальных конструктивных параметров гидроциклона практическим путем. Материалом для исследования были ЗШМ с золоотвала №2 г. Северск.

В данной работе были определены наиболее эффективные параметры гидроциклона для отделения микросферы такие как:

- Угол конусности
- Диаметр песковой насадки
- Напор пульпы

Результаты лабораторных исследований Северской золы показали, что тонущая микросфера сосредоточена преимущественно во фракции от 40 до 80 мкм.

Содержание микросфер определяется «микроскопированием», так как другие достоверные методы определения микросфер не известны. Массовая доля микросфер во фракциях 0,05-0,5 мм составляет 30%.

В исходных образцах на 1 г ЗШМ приходилось примерно 30 мг микросферы.

В ходе экспериментов мы принимали это значение за 100 %.

#### **4.5 Влияние угла конусности на выход микросферы**

Для изменения угла конусности гидроциклона применялись специальные вкладыши.

Первым этапом было приготовление пульпы заданной четырех процентной концентрации. Пульпа должна была быть схожей по составу с пульпой, которая удаляется по пульпопроводу Северской ТЭЦ в золоотвал. В качестве перемешивающего устройства использовалась краскомешалка СО – 140. После приготовления смесь подавалась на гидроциклон. Бралась пробы потока, выходящего через песковую насадку, высушивались в приточно-вытяжном сушильном шкафу в течение 8 часов. Далее проводился микроскопический анализ полученных данных.

Было произведено пять серий экспериментов с разным углом конусности гидроциклона 14, 17, 20, 23 и 26 градусов. Далее проводилась серия анализов, отделение магнитной фракции, затем проводился микроскопический анализ, при помощи которого исследовалось количественное содержание алюмосиликатной микросферы и аглопоритового песка. В результате были построены зависимости выхода микросферы от угла конусности, было выявлено, что гидроциклон с углом конусности 20 градусов наиболее эффективен для выделения тонущей микросферы.

Таблица 4.1 – Результаты экспериментов

Угол конусности гидроциклона	Выход микросферы в %
При $\alpha = 14$	65,3

При $\alpha = 17$	57,8
При $\alpha = 20$	72
При $\alpha = 23$	33,3
При $\alpha = 26$	20

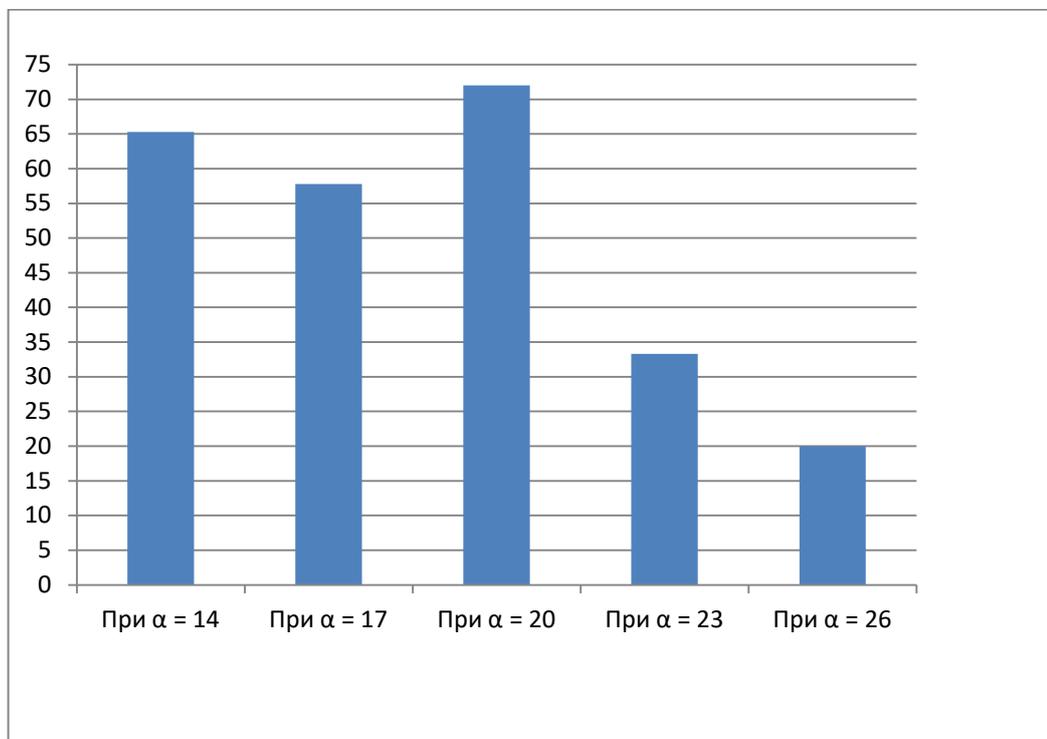


Рисунок 4.6 – Гистограмма выхода микрокремнезема от угла конусности

На гистограмме изображена зависимость выхода алюмосиликатной микрокремнезема в %, от угла конусности гидроциклона. Из графика очевидно, что гидроциклон с углом конусности 20 градусов показал наиболее эффективное отделение, которое составило 72 % микрокремнезема от ее общей массы в пульпе.

#### 4.6 Диаметр песковой насадки.

Эксперименты проводились с углом конусности гидроциклона 20 градусов и диаметрами песковых насадок 12,5, 11, 9, 8, 7 мм.

Таблица 4.2 – Результаты экспериментов

Диаметр песковой насадки	Выход микросферы в %
При дпеск = 12,5	75
При дпеск = 11	78
При дпеск = 9	68,3
При дпеск = 8	66,1
При дпеск = 7	66

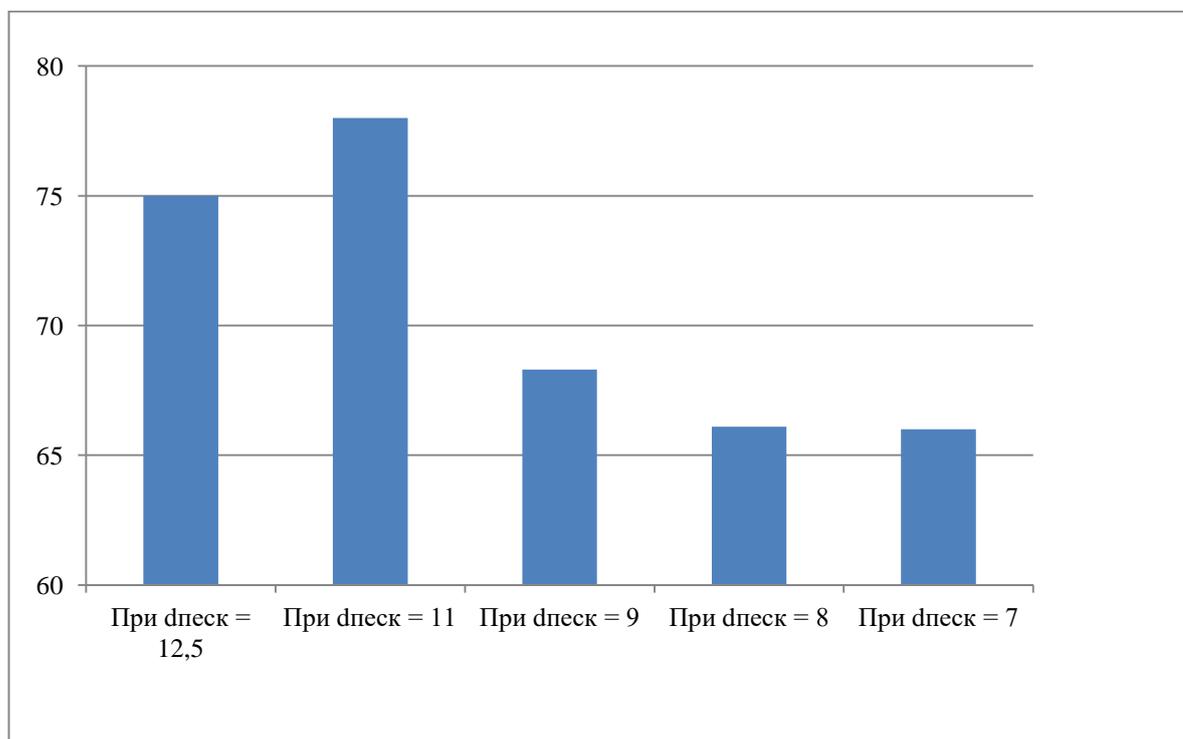


Рисунок 4.7 – Гистограмма выхода микросферы от диаметра песковой насадки

Из эксперимента можно сделать вывод, что гидроциклон с песковой насадкой 11 мм показал наилучшие результаты. Было выделено 78 % микросферы.

#### 4.7 Напор гидроциклона

Изменения напора пульпы производилось путем увеличения давления от 2 до 3,5 атм с шагом 0,3 атм.

Таблица 4.3 – Результаты экспериментов

Напор, атм	Выход микросферы, %
2 атм	78
2,3 атм	77
2,6 атм	77

2,9 атм	73,3
3,2 атм	70,2
3,5 атм	67,3

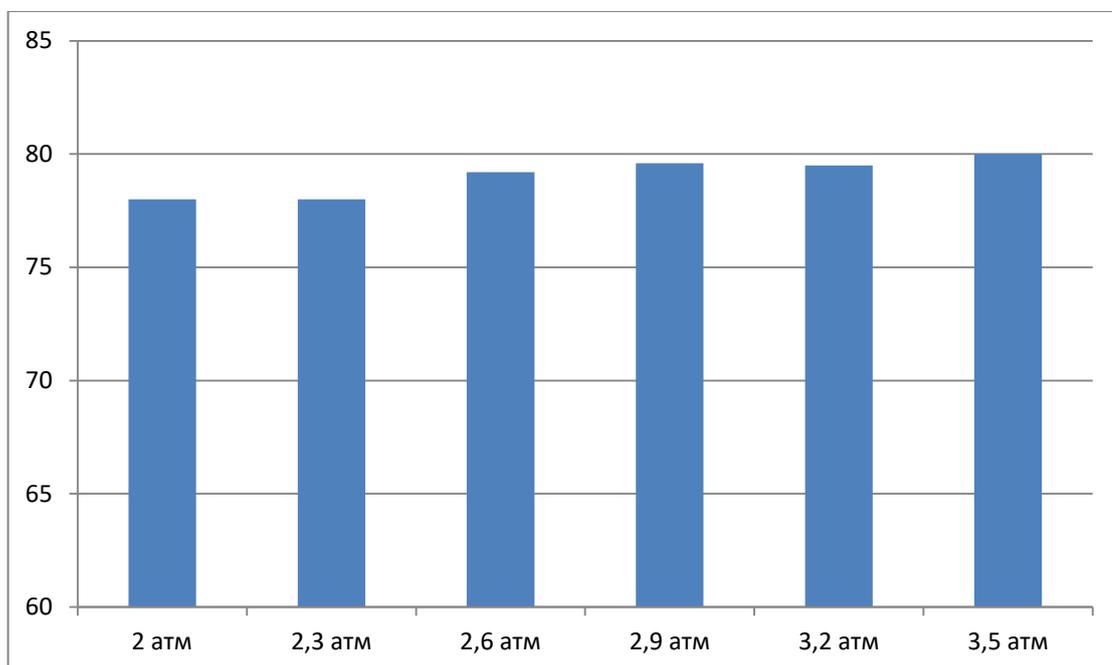


Рисунок 4.7 – Гистограмма выхода микросферы от напора

При изменении напора входного потока выход микросферы изменялся не значительно. Максимальный процент выделения микросферы составил 79.6 %. Как уже говорилось ранее, выход микросферы мы определяли микроскопическим методом, а он имеет достаточно большую погрешность. К тому же изменение входного напора гидроциклона приведет к увеличению производительности гидроциклона по жидкой фазе. Поэтому было принято решение оставить расчетное значение 2 атм.

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1 Предпроектный анализ

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Существует понятие целевого рынка. Под ним, как правило, понимают отдельные сегменты рынка, на котором в будущем будет продаваться разработка. Сегментом является некоторая часть рынка, которая представляют собой группу потребителей, обладающих общими признаками между собой и отличными от других сегментов. Потребителям разных сегментов требуется определенной вид товара или услуги. Разделение потребителей на подобные группы (сегменты) является неотъемлемой частью предпроектного анализа. Этот процесс разделения называется сегментированием.

Выполним сегментирование рынка переработки золошлаковых отходов по следующим критериям: технологии переработки, по извлекаемым материалам. переработка уже имеющихся золоотвалов, потоковая переработка золошлаковых отходов. На основании этих критериев построим карту сегментирования рынка.

Таблица 5.1 - Карта сегментирования рынка активных оптических систем

	<i>Технология переработки</i>	
	Потоковая	Переработка золоотвалов
Алюмосиликатная микросфера		

Комплексная переработка		
----------------------------	--	--

- на рынке существует ряд производителей и поставщиков;
- серийное производство отсутствует, но осуществляется производство лабораторных образцов по запросу;
- на рынке отсутствуют производители и поставщики.

Из построенной карты сегментирования очевидно, что существующие на рынке предприятия, перерабатывающие техногенное сырье, в основном занимаются производством алюмосиликатной микросферы. Следовательно, комплексная переработка будет характеризоваться низкой конкуренцией.

### **5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Известно, что рынок находится в постоянном движении и развитии. Следовательно, анализ существующих продуктов, способных составить конкуренцию разработке, необходимо проводить систематически. Такой подход позволит своевременно внести коррективы в разработку для успешного противостояния конкурентоспособным продуктам. Необходимо объективно оценивать достоинства и недостатки разработок конкурентов. Для этого может быть использована следующая информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Такой анализ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения дает возможность оценить эффективность научной разработки и определить направления для ее последующего роста. Данный анализ целесообразно проводить с помощью оценочной карты, представленной в таблице 5.1. Требуется привести не менее трех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,02	2	3	4	0,04	0,06	0,08
2. Простота изготовления	0,02	2	3	4	0,04	0,06	0,08
3. Ремонтопригодность	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
4. Безопасность	0,02	2	2	3	0,04	0,04	0,06
5. Долговечность	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
6. Надежность	0,01	3	3	3	0,03	0,03	0,03
7. Номинальная частота работы	0,04	4	3	5	0,16	0,12	0,20
8. Качество извлечения магнитной фракции	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
9. Производительность	0,2	4	3	2	0,8	0,6	0,4
10. Степень извлечения							
11. Разделение по плотности	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>	0,2	4	3	2	0,8	0,6	0,4
1. Конкурентоспособность продукта							
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	4	3	3	0,08	0,06	0,06
3. Цена	0,02	2	1	3	0,04	0,02	0,06
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	4	3	2	0,12	0,09	0,06
<b>Итого</b>	0,02	3	3	3	0,06	0,06	0,06
	<b>1</b>	<b>52</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>3,77</b>	<b>2,52</b>	<b>2,49</b>

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 5.1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента,

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Данные, сведенные в таблицу 5.1, позволяют заключить, что наиболее конкурентоспособным из приведенных продуктов является система krebs. Критерии, за счет которых разработка показывает свою большую конкурентоспособность, включают: производительность, степень извлечения, разделение по плотности, качество выделения магнитной фракции.

### 5.1.3. Диаграмма Исикавы



## Рисунок 5.1 – Диаграмма Исикавы

Диаграмма Исикавы или причинно-следственная диаграмма – применяется с целью графического отображения взаимосвязи между решаемой проблемой и причинами, влияющими на ее возникновение.

Диаграмма Исикавы дает возможность выявить ключевые параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины проблем процесса или факторы, влияющие на возникновение дефекта в изделии. Из построенной диаграммы можно сделать вывод, что требуется мотивировать сотрудников для более эффективной работы, доработать программный комплекс, возможно, внедрить более износостойкое оборудование.

### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Разработка оборудования включает этап оценки готовности проекта к коммерциализации – это помогает определить недостатки проекта и оценить возможность его самостоятельного завершения. Для такой оценки был сформулирован ряд критериев, сведения о которых представлены в таблице 5.2

Таблица 5.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно- технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3

4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	40	39

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле :

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

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

Из таблицы 5 очевидно, что проект обладает средней перспективой к коммерциализации. К наиболее слабо проработанным вопросам относятся: маркетинговые исследования рынков сбыта, разработка бизнес-плана и плана международного сотрудничества для выхода на зарубежный рынок. В настоящий момент перечисленным пунктам уделено меньшее внимание,

поскольку проектная группа сосредоточена на устранении технических недостатков разработки. Кроме того, члены проектной группы не обладают достаточной компетенции для детальной проработки указанных вопросов.

#### **5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования**

Для обеспечения коммерческой отдачи от реализации проекта возможно применение следующих методов коммерциализации научных разработок:

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. Передача ноу-хау, т.е. предоставление владельцем ноу-хау возможности его использовать другим лицом, осуществляемое путем раскрытия ноу-хау.

3. Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

4. Франчайзинг, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

5. Организация собственного предприятия.

6. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

7. Организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.

8. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

В данном проекте целесообразнее всего использовать метод инжиниринга. В настоящее время, вопросы экологии и экономики использования твердых топлив становятся все более актуальными. По предварительной оценке масса отходов, находящихся на территории золоотвала №2 Северской ТЭС – около 12 млн. тонн. Государственные корпорации готовы пойти на реконструкцию имеющихся предприятий которые принесут и прибыль, и пользу экологии. С точки зрения экономики, заводу невыгодно производить только шлак и золу, но их будут получать из остатка от извлечения микросферы и угля, которые принесут значительную прибыль. главным процессом инжиниринга является создание разнообразных технологий для производства. Сотрудники ТПУ имеют богатый опыт в организации производственных циклов, что не мало важно, ведь от того, насколько профессионально будет оказана услуга инжиниринга, напрямую зависит время развития производственного предприятия и, соответственно, его прибыль.

## **5.2 Инициация проекта**

### **5.2.1 Цели и результаты проекта**

Данный раздел содержит информацию о заинтересованных сторонах проекта (таблица 5.3). Заинтересованными сторонами являются физические или юридические лица, принимающие активное участие в проекте, или же интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта.

Таблица 5.4 – Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Руководитель проекта	Использование результатов проекта в дальнейших исследованиях
Исполнители проекта	Повышения уровня квалификации благодаря работе в научной сфере. Устные доклады о результатах работы на научных конференциях, публикации в журналах ВАК.
Организация-заказчик	Использование результатов интеллектуальной деятельности для проведения экспериментальных исследований, публикаций их результатов, повышения репутации и конкурентоспособности организации, получения прибыли.

Таблица 5.4 содержит цели и результаты проекта.

Таблица 5.4 – Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Создание лабораторного комплекса по переработке золошлаковой пульпы
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Разрабатываемый комплекс позволит подготавливать и исследовать золошлаковые материалы с разных точек земного шара.
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Конечный лабораторный образец должен обладать параметрами и характеристиками, прописанными в ТЗ.
<b>Требования к результату проекта:</b>	Использование лабораторного образца должно обеспечивать получение практических результатов.

### 5.2.2. Организационная структура проекта

В таблице 5.5 показана рабочая группа проекта и определены их роли в его реализации. Прописаны функции, выполняемые участниками и их трудозатраты в проекте.

Таблица 5.5 – Рабочая группа проекта

№ п/п	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты,
1	Руководитель проекта	Постановка и формулировка цели проекта. Постановка ряда задач для реализации основной цели. Консультирование исполнителя проекта в области механики, проведении экспериментов, участие в экспериментах и обсуждениях полученных результатов.	42
2	Исполнитель проекта	Литературный обзор научных работ, посвященных данной тематике. Обзор существующих аналогов, сравнение их технических характеристик между собой и разрабатываемым проектируемым комплексом. Разработка технологических схем. Изготовление лабораторного образца. Проведение экспериментов, обработка полученных результатов и их публичное	201
3	Эксперт проекта	Консультирование руководителя и исполнителя проекта в области. Участие в обсуждении результатов экспериментов.	16
ИТОГО:			366

### 5.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения

целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

### 5.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта.

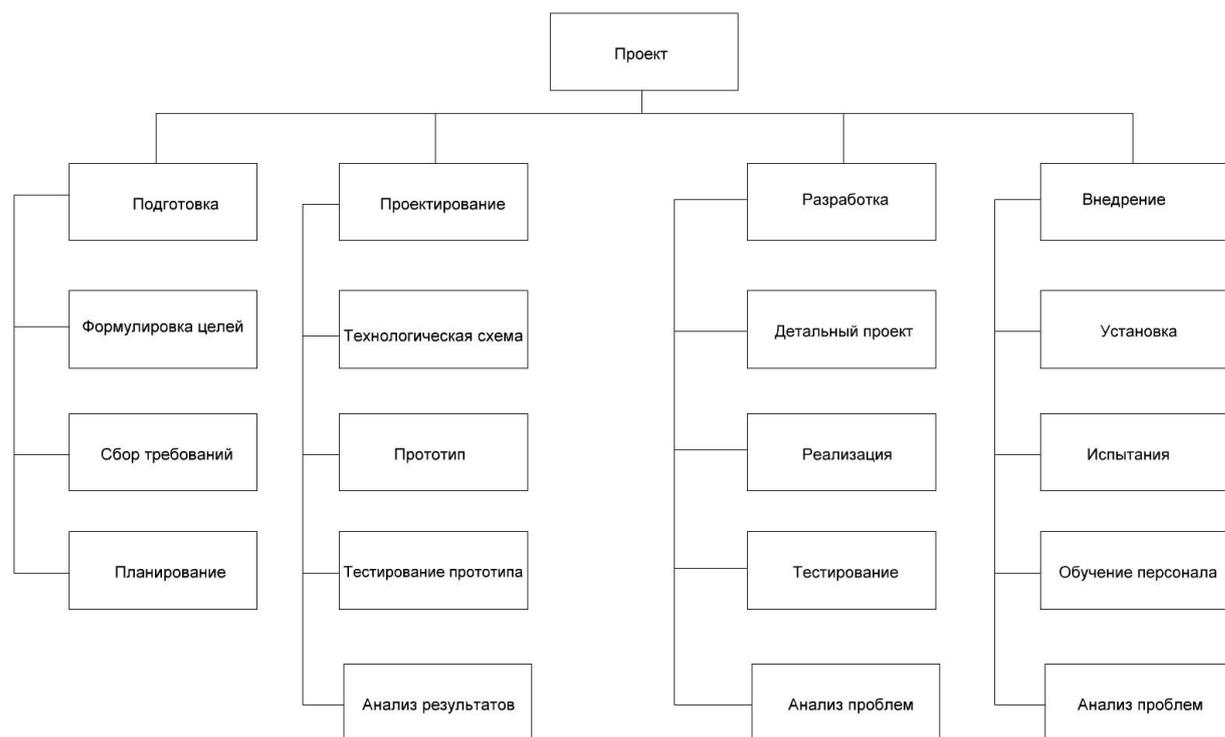


Рисунок 5.2 – Иерархическая структура работ проекта

### 5.3.2. План проекта

Планирование этапов работ по выполнению НИР подразумевает составление перечня этапов и работ, а также распределение исполнителей по всем видам работ. В таблицу 5.6 сведены основные этапы и содержание работ с распределением ответственных исполнителей. Иллюстрация календарного плана проекта осуществляется с помощью диаграммы Ганта. На такой диаграмме каждый конкретный вид работ изображается протяженным во времени отрезком. Каждому из отрезков присущи свои даты начала и окончания выполнения данных работ. График строится в виде

таблицы 5.7 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. Работа каждого из исполнителей обозначается отличной штриховкой.

Таблица 5.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, рабочие дни	Длительность, календарные дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания на НИР	11	15	01.09.2016	15.09.2016	руководитель
2	Анализ технического задания	13	17	16.09.2016	02.10.2016	исполнитель
3	Обзор литературы по теме исследования	34	46	03.10.2016	17.11.2016	исполнитель
4	Выбор технологической схемы комплекса	6	8	18.11.2016	25.11.2016	исполнитель
5	Разработка чертежей	12	18	26.11.2016	13.12.2016	исполнитель
6	Расчет оборудования	25	37	14.12.2015	20.01.2017	исполнитель
7	Электромонтажные работы по реализации устройства	47	70	21.01.2017	31.03.2017	исполнитель
8	Проведение экспериментальных исследований	8	12	01.04.2017	12.04.2017	исполнитель, руководитель, эксперт

9	Корректировка параметров оборудования	8	12	13.04.2017	24.04.2017	исполнитель, руководитель, эксперт
10	Проведение экспериментальных исследований, обработка результатов	11	16	25.04.2017	10.05.2017	исполнитель, руководитель
11	Оформление расчетно-пояснительной записки	22	30	11.05.2017	09.06.2017	исполнитель
12	Сдача разработки и отчета о работе	4	6	10.06.2017	15.06.2017	исполнитель, руководитель
<b>Итого:</b>		<b>201</b>	<b>287</b>			

Таблица 5.7 – Диаграмма Ганта:  - исполнитель;  - руководитель;  - эксперт

Код ра-боты	Вид ра-боты	Исполни-тели	Т <sub>к</sub> , кал-дн	Продолжительность работы																												
				сентябрь			октяб-рь			ноябр-ь			декаб-рь			январ-ь			февра-ль			март			апрел-ь			май			ию-нь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Разработка технического задания на НИР	Руководитель	15	■																												
2	Анализ технического задания	Исполнитель	17	▨																												
3	Обзор литературы по теме исследования	Исполнитель	46				▨																									
4	Выбор технологической схемы устройства	Исполнитель	8							▨																						
5	Разработка чертежей	Исполнитель	18							▨																						
6	Расчет оборудования	Исполнитель	37							▨																						
7	Электромонтажные работы	Исполнитель	70										▨																			
8	Проведение экспериментальных исследований	Исполнитель, Руководитель, Эксперт	12																▨			■		■								
9	Корректировка параметров оборудования	Исполнитель, Руководитель, Эксперт	12																			▨			■		■					



### 5.3.3 Бюджет научно-технического исследования

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

- Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты;
- Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- Основная заработная плата;
- Дополнительная заработная плата;
- Отчисления на социальные нужды;
- Научные и производственные командировки;
- Накладные расходы;
- Реестр рисков проекта;
- Итого плановая себестоимость.

#### 5.3.3.1 Специальное оборудование для научных работ

Статье затрат на приобретение различного оборудования содержит затраты на покупку и эксплуатацию специального оборудования. Сюда могут относиться приборы, контрольно-измерительная аппаратура, стенды т.д.

В данном случае необходимое для реализации проекта оборудование уже имеется в лаборатории, поэтому его стоимость будем учитывать как амортизационные отчисления. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$C_A = \frac{\Phi_{\text{пер}} N_a}{100\%}$$

где  $\Phi_{\text{пер}}$  - первоначальная стоимость оборудования;

$N_a$  - норма амортизации.

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$N_A = \frac{100\%}{T_{сл}}$$

Где  $T_{сл}$  - срок службы оборудования, мес.

Таблица 5.8 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Фпер, тыс.р уб.	Тсл, мес.	На, % в мес.	Са в месяц, тыс. руб	Период реализац ии проекта,	Са за весь период, тыс.руб.
1.	Гидроциклон	2	109	60	1,67	3,6	10	36
2.	Насос	2	36	32	3,13	2,26	10	22,6
3	Перемешивающ ее устройство	1	18	15	6,6	1,19	10	11,9
Итого:								70,5

### 5.3.3.2 Основная заработная плата

Статья учитывает заработную плату всех лиц, участвующих в выполнении проекта. Величина заработной платы зависит от трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Также здесь учитываются премии, выплачиваемые ежемесячно из фонда заработной платы в соответствии с Положением об оплате труда.

Для того чтобы рассчитать основную заработную плату, необходимо знать среднедневную заработную плату работника и продолжительность работ:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дней.

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

Среднедневную заработную плату определим 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;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней. Величина  $F_{\text{д}}$  определяется из таблицы 5.9, в которой представлен баланс рабочего времени.

Таблица 5.9 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель	Эксперт
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	104	104	104
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	28	28	28
- невыходы по болезни	0	7	0
Действительный годовой фонд рабочего времени ( $F_{\text{д}}$ , дней)	20	160	20

Месячный должностной оклад работника определяется в свою очередь по следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} * k_{\text{р}}$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Результаты расчета основной заработной платы сведены в таблицу 5.10. При расчете в качестве базового оклада  $Z_6$  берется сумма в 26300 рублей для руководителя и эксперта – оклад в организации, где проводилась реализация проекта (НИ ТПУ). Оклад исполнителя зададим как 0,25 от оклада руководителя. Отпуск сотрудников Института составляет 28 календарных дней, следовательно, количество месяцев работы без отпуска в течение года составляет  $M=11,08$  месяца.

Таблица 5.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	1,3	34190	1129	10	11290
Исполнитель	6575	1,3	8547,5	224	201	45024
Эксперт	26300	1,3	34190	1129	10	11290

### 5.3.3.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Статья содержит выплаты, предусмотренные законодательством о труде. Это может быть оплата отпусков, вознаграждения и т.д. Дополнительная заработная плата определяется как 10-15% от основной заработной платы работников:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

Где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб;  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Таким образом, заработная плата будет равна:

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

В таблице 5.11 представлены данные об основной и дополнительной заработной платы исполнителей проекта.

Таблица 5.11 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель	Эксперт
Основная зар. плата	11290	45024	11290
Дополнительная зар. плата (10 % от основной заработной платы)	1129	4502,4	1129
Зар. плата исполнителя	12419	49526,4	12419
Итого по статье Сзп	74364,4		

#### 5.3.3.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды. Коэффициент отчислений  $k_{\text{внеб}} = 27,1\%$  от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР.

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 * 24838 = 6731 \text{ руб}$$

#### 5.3.3.5 Научные и производственные командировки

Данная статья расходов предусмотрена для оплаты командировок, связанных с выполнением проекта. На такие затраты выделяют порядка 10% от основной и дополнительной заработных плат:

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

Где  $k_{\text{ком}}$  – коэффициент затрат на командировочные расходы.

$$C_{\text{ком}} = 0,1 * 74364,4 = 7436,44 \text{ руб}$$

#### 5.3.3.6 Накладные расходы

Данная статья расходов включает затраты на хозяйственное обслуживание и управление, содержание, эксплуатацию, а также ремонт оборудования и инвентаря. Как правило на такие расходы отводят от 70 до 90 % от суммы основной заработной. Определим накладные расходы:

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

Где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,8 * 74364,4 = 59491,52 \text{ руб}$$

На основании проведенных расчетов и полученных результатов вычисляется плановая себестоимость НИР (таблица 5.12)

Таблица 5.12 – Калькуляция плановой себестоимости НИР

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Специальное оборудование для научных работ	70500
Заработная плата	74364
Отчисления на социальные нужды	6731
Научно-производственные командировки	7436,44
Накладные расходы	59491,52
Итого себестоимость НИР	218522,96

### 5.3.4 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать табл. 5.13.

Таблица 5.13 – Организационная структура проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности усл. реализ.	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичность фактора времени	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь проекта от организаций более высокого	Высокая	Средняя	Низкая



Рисунок 5.3 – Организационная структура проекта

### 5.3.5 Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (табл. 5.13).

Таблица 5.13 - Матрица ответственности

	Руководитель	Исполнитель	Эксперт
Разработка технического задания на НИР	О	О	С
Анализ технического задания		И	
Обзор литературы по теме исследования		И	
Выбор технологической схемы устройства	У	И	
Разработка чертежей	У	И	
Расчет оборудования	У	И	
Электромонтажные работы		И	

Проведение экспериментальных исследований	У	И	
Корректировка параметров оборудования	О	И	
Проведение экспериментальных исследований	О	И	
Оформление расчетно-пояснительной записки	О	И	
Сдача разработки и отчета о работе	О	И	С

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом: Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход. Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. 45 Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение). Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

### 5.3.6 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 5.14 – План управления коммуникациями проекта

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежемесячно

2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно
3.	Документы и информация по проекту	Ответственное лицо по направлению	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и контр. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже дня контрольного события по плану управления

### 5.3.7 Реестр рисков проекта

Всегда следует учитывать возможные риски, которые могут повлечь за собой негативные последствия. Уровень риска может быть: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Будем оценивать риск по 3-х бальной шкале.

Таблица 5.15 содержит информацию о таких рисках.

Таблица 5.15 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска*	Способы смягчения	Условия наступления
------	---------------------------	-------------------------	---------------	----------------	-------------------	---------------------

1.	Прекращение бюджетного финансирования	Необходимость снижения затрат на доработку проекта; Длительная отсрочка	1	3	средний	Поиск иных источников финансирования	Ухудшение экономической обстановки в стране
2.	Низкий спрос на конечную разработку	Неудача в коммерциализации	2	3	высокий	Изменение технических характеристик	Непрофессиональная проработка бизнес-плана; Развитие конкуренции

#### 5.4.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков (cash flow). Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются факторы времени и риска. Для оценки общей экономической эффективности инноваций согласно «Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов...»[8] в качестве основных показателей рекомендуются:

- чистый доход;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма доходности;
- потребность в дополнительном финансировании;
- срок окупаемости;
- индексы доходности затрат и инвестиций и др.

Чистым доходом (другие названия – ЧД, Net Value, NV) называется накопленный эффект (сальдо денежного потока) за расчетный период, где суммирование распространяется на все шаги расчетного периода. Важно четко различать окончательную эффективность проекта и затраты

предприятия до даты, когда проект начнет приносить прибыль. Другим важнейшим показателем эффективности проекта является чистый дисконтированный доход (другие названия - ЧДД, интегральный эффект, Net Present Value, NPV) - накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. Дисконтирование представляет собой приведение доходов и расходов будущих периодов к текущему моменту с учетом временной стоимости денежных средств. Коэффициент дисконтирования (Кд) определяется по формуле:

$$Кд = \frac{1}{(1+E)^t},$$

Где E - ставка дисконтирования за период;

t - порядковый номер периода с начала реализации проекта.

Ставка дисконтирования (E) зависит от приемлемого уровня доходности на инвестируемый капитал. Она может равняться доходности по депозитам, ценным бумагам и другим альтернативным направлениям инвестирования. ЧД и ЧДД характеризуют превышение суммарных денежных поступлений над суммарными затратами для данного проекта соответственно без учета и с учетом неравноценности затрат и результатов, относящихся к различным моментам времени.

Разность ЧД - ЧДД нередко называют дисконтом проекта. Для признания проекта эффективным с точки зрения предприятия (инвестора) необходимо, чтобы ЧДД проекта был положительным, и при сравнении альтернативных проектов предпочтение должно отдаваться проекту с большим значением ЧДД. Внутренняя норма доходности (другие названия - ВНД, Internal Rate of Return, IRR) характеризует внутреннюю норму рентабельности инвестиционного проекта. Внутренней нормой доходности называется такое положительное число  $E_{внутр}$ , при котором в случае установления нормы дисконта равняющейся  $E_{внутр}$ , чистый дисконтированный доход проекта обращается в 0, при всех больших значениях - отрицателен, при всех меньших значениях - положителен. Для

оценки эффективности ИП значение ВНД необходимо сопоставлять с нормой дисконта  $E$ .

Инвестиционные проекты, у которых  $ВНД > E$ , имеют положительный ЧДД и поэтому эффективны. Проекты, у которых  $ВНД < E$ , имеют отрицательный ЧДД и потому неэффективны. ВНД может быть использована также: для экономической оценки проектных решений, если известны приемлемые значения ВНД (зависящие от области применения) у проектов данного типа; для оценки степени устойчивости ИП по разности  $ВНД - E$ ; для установления участниками проекта нормы дисконта  $E$  по данным о внутренней норме доходности альтернативных направлений вложения ими собственных средств. Потребность в дополнительном финансировании (ПФ) - максимальное значение абсолютной величины отрицательного накопленного сальдо от инвестиционной и производственной (операционной) деятельности. Величина ПФ показывает минимальный объем внешнего финансирования проекта, необходимый для обеспечения его финансовой реализуемости. Поэтому ПФ называют еще капиталом риска. Следует иметь в виду, что реальный объем требуемого финансирования не обязан совпадать с ПФ, и как правило, превышает его за счет необходимости обслуживания предоставляемых инвестиций (например, проценты по кредиту). Пример. Разработана новая автоматическая линия по упаковке продукции. Определим ЧД и ЧДД. Будем считать, что продолжительность шага расчета равна одному году. Предполагается, что поступления денежных средств заносятся в таблицу со знаком "+", а расходование (оттоки) - со знаком "-". Составим план денежных потоков:

Таблица 5.16 – План денежных потоков

№	Показатель, млн.руб	Номер шага (периода) расчета (t)					
		0	1	2	3	4	5
Операционная деятельность							
1	Выручка без НДС	0	1000	1250	1300	1455	1650

2	Полные текущие издержки, в том числе:	0	- 869,7	- 1045,4	1078,3	- 1187,5	-1323,9
3	прямые материальные затраты	0	-210	-262,5	-273	-305,6	-346,5
4	ФОТ основных рабочих, включая взносы во внебюджетные фонды	0	-248	-310	-322,4	-360,8	-409,2
5	Силовая энергия	0	-80	-100	-104	-116,4	-132
6	Общепроизводственные расходы	0	-147	-156	-156	-160	-165
7	Общехозяйственные расходы	0	-120	-125	-125	-130	-135
8	Коммерческие расходы	0	-30	-37,5	-39	-43,7	-49,5
9	Прочие расходы	0	-34,7	-54,4	-58,9	-71,1	-86,7
10	Денежный поток от производственной (операционной) деятельности (п.1-п.2)	0	130,4	204,6	221,7	267,5	326,1
Инвестиционная деятельность							
11	Поступление инвестиций	0	0	0	0	0	0
12	Капиталовложения, обслуживание инвестиций	-500	-150	0	0	0	0
13	Сальдо от инвестиционной деятельности (п.11+п.12)	-500	-150	0	0	0	0
14	Сальдо суммарного потока (п.10+п.13)	-500	-19,7	204,6	221,7	267,5	326,1
15	Сальдо накопленного потока	-500	- 519,7	-315	-93,4	174,1	500,2
16	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621
17	Дисконтированное сальдо суммарного потока	-500	-17,9	169,1	166,5	182,7	202,5

	(стр.14*стр.16)						
18	Дисконтированные инвестиции (стр.12*стр.16)	-500	-136,4	0	0	0	0

#### 5.4.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{\Phi}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

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

Где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  - весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^a, b_i^p$  - бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проведен в форме таблицы 5.19.

Таблица 5.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Разрабатываемый комплекс	Конкурирующая разработка КНИТУ	Gauss Magneti SEN-SM
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
3. Количество обслуживающего персонала	0,20	5	5	5
4. Энергосбережение	0,10	4	4	4
5. Надежность	0,15	3	3	4
6. Материалоемкость	0,20	5	3	3
ИТОГО	1	26	23	25

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p = 0,2 * 5 + 0,15 * 4 + 0,2 * 5 + 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,2 * 5 = 4,45$$

$$I_m^{a1} = \sum_{i=1}^n a_i b_i^{a1} = 0,2 * 4 + 0,15 * 4 + 0,2 * 5 + 0,1 * 4 + 0,15 * 3 + 0,2 * 3 = 3,85$$

$$I_m^{a2} = \sum_{i=1}^n a_i b_i^{a2} = 0,2 * 4 + 0,15 * 5 + 0,2 * 5 + 0,1 * 4 + 0,15 * 4 + 0,2 * 3 = 4,15$$

Таким образом, опираясь на интегральный показатель ресурсоэффективности можем заключить, что разрабатываемый комплекс

является более ресурсоэффективным и ресурсосберегающим по отношению к аналогам.

## **6. Социальная ответственность**

Данный раздел рассматривает основные вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с техникой безопасности на производстве.

Целью данной выпускной квалификационной работы является Модернизация лабораторной установки по подготовке золошлаковой пульпы, проектирование и конструирование системы гидроциклонов для выделения твердой фракции из золошлаковой смеси, размеры которой колеблются от 0,25 до 2мм. Для реализации такого комплекса осуществляются электромонтажные работы.

Указанные работы осуществлялись во 2-ом корпусе НИ ТПУ. Лаборатория оборудована специальными рабочими местами.

Для минимизации негативных последствий производственной и научно-исследовательской деятельностью необходимо разработать комплекс мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера с учетом специфики выполняемых работ.

### **6.1 Техногенная безопасность**

Необходимо провести анализ факторов рабочей зоны, выявить ее наиболее вредные и опасные факторы. Данный анализ был проведен в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74, их основной перечень представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Опасные и вредные факторы при разработке и эксплуатации системы разделения золошлаковой пульпы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)	
	Вредные	Опасные

Модернизация перемешивающего устройства	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> <li>3. Умственное перенапряжение</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поражение электрическим током</li> </ol>
Экспериментальное исследование возможностей разрабатываемого комплекса: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эксплуатация насосной станции</li> <li>2. Работа с золошлаковыми образцами</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>2. Повышенный уровень шума</li> <li>3. Умственное перенапряжение</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поражение электрическим током</li> </ol>

Далее более детально анализируется каждый из перечисленных вредных и опасных факторов, дается краткое описание их физико-химической природы, обозначается непосредственная связь этих факторов с выполняемыми работами, рассматриваются их негативные воздействия на организм человека, а также возможные меры защиты.

### **6.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды**

#### **6.1.1.1 Освещенность рабочей зоны**

Одним из важнейших условий продуктивной работы является обеспечение нормальной освещенности. При плохом освещении работник испытывает утомление органов зрения и организма в целом. Рабочая зона должна исключать неправильные меры освещенности, такие как слепящие лампы, плохо освещенные опасные зоны и т.д. Несоблюдение перечисленных правил может существенно ухудшить зрение, а со временем вызывать его полную потерю.

Известно, что на практике совмещают два вида освещения: естественное и искусственное. Их совокупность представляет собой совмещенное (комбинированное) освещение. Кроме того, искусственное освещение может быть локальным, то есть организованным в строго определенном месте для целенаправленного освещения требуемых рабочих поверхностей.

Нормы естественного, искусственного и комбинированного освещения рабочей зоны устанавливает СП 52.13330.2011. При проведении электромонтажных работ наименьший размер монтируемых компонентов варьировался от 0,5 мм и до 1 мм. Таким размерам монтируемых компонентов соответствует разряд зрительной работы IV и подразряд б. Более детальная информация о характеристике зрительной работы и параметров освещения сведена в таблицу 6.4.

Таблица 6.2 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характеристика зрительной работы			Средней точности	
Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм			Св. 0,5 до 1,0	
Разряд зрительной работы			IV	
Подразряд зрительной работы			б	
Контраст объекта с фоном			Средний	
Характеристика фона			Средний Темный	
Искусственное освещение	Освещенность, лк	при системе комбинированно го освещения	всего в том числе от общего	500 200
		при системе общего освещения		200
	$P$ , не более			40
	$K_z$ , %, не более			20
	Естественное освещение	КЕО $e_n$ , % (коэффициент естественной	при верхнем или комбинированном освещении	
при боковом освещении				1,5

Совмещенное освещение	освещенности)	при верхнем или комбинированном освещении	2,4
		при боковом освещении	0,9

В лаборатории в качестве источников света используются газоразрядные лампы низкого давления белой цветности. Лампы обеспечивают как искусственное общее, так и искусственное местное освещение. Коэффициент пульсации ламп  $K_{\text{п}}$  не превышает 20%, коэффициент естественной освещенности при комбинированном освещении должен составлять 2,4% [СП 52.13330.2011].

### 6.1.1.2 Повышенный уровень шума

Понятие шума носит субъективный характер. Любые нежелательные звуки, мешающие сосредоточиться на выполнении работы, можно назвать шумом. Под термин производственный шум будем понимать все звуки, источниками которых являются используемые на производстве машины, приборы и механизмы.

Шум может привести к раздражительности работника, ослаблению его внимания, ухудшению мыслительной деятельности, а значит к снижению работоспособности. Более того, интенсивный продолжительный оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы, а также может привести к ухудшению слуха.

При эксплуатации комплекса источниками шума становятся насосы, электродвигатели. Производимый шум можно охарактеризовать как широкополосный, колеблющийся во времени. В рассматриваемой рабочей зоне уровни звука, превышающие ПДУ в 60 Дб, установленные ГОСТ 12.1.003-99, отсутствуют. Также следует отметить, лаборатория расположена на достаточно далеком расстоянии от железных дорог, аэропортов и других источников постороннего шума.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 в качестве мер защиты персонала от воздействия шума могут быть использованы противошумные наушники или вкладыши.

### **6.1.1.3 Умственное перенапряжение. Статические перегрузки**

Работы, связанные с проектированием и экспериментальным исследованием комплекса связаны с большой нагрузкой на нервную систему. К симптомам умственного переутомления относятся усталость, головные боли, нарушения сна, покраснение глаз, повышенное артериальное давление.

Статическая работа связана с физической нагрузкой, не требующей перемещения тела. К таким нагрузкам можно отнести длительное пребывание в сидячем положении. Последствиями таких перегрузок могут стать как физические, так и психологические заболевания.

Длительность работы с ЭВМ, а также длительность перерывов регламентируется [СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03]. Для предупреждения негативных последствий, рекомендуется чередовать работы с применением ЭВМ и без него или же организовывать перерывы длительностью 5-10 минут, каждый час. Кроме того, при возникновении неприятных ощущений, необходимо сделать внеплановый перерыв в работе. Во время перерывов будет полезным выполнение физических упражнений, направленных на предотвращение нервного утомления, органов зрения и опорно-двигательного аппарата.

## **6.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды**

### **6.1.2.1 Поражение электрическим током**

Действие электрического тока на человека носит сложный и разнообразный характер. Проходя через его организм, электрический ток производит термическое воздействие – происходит преобразование электрической энергии в тепловую, которое выражается в получении ожогов

биологических тканей. Разложение органических жидкостей и нарушение их физико-химического состава под действием электрического тока называют электролитическим воздействием. Под механическим действием тока понимают всевозможные повреждения различных тканей организма, например стенок кровеносных сосудов.

Электротравмы бывают местными и общими. Местной электротравмой называют четко выраженное локальное нарушение целостности биологических тканей. К местным электротравмам относят повреждения кожи, связок, костей. Обычно местные электротравмы излечиваются, работоспособность восстанавливается полностью или частично.

Существует понятие электрического удара. Под этим термином понимают возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся сокращениями мышц. Исход такого воздействия электрического тока зависит от силы тока и продолжительности воздействия. Как правило, выделяют четыре степени электрических ударов: I – судорожное сокращение мышц без потери сознания; II – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; III – потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе); IV – клиническая смерть, то есть отсутствие дыхания и кровообращения.

Любое устройство, которое включается в электросеть, теоретически можно рассматривать как источник поражения электрическим током. В рабочей зоне, где разрабатывается установка, к таким источникам можно отнести: офисное оборудование (персональные компьютеры, ноутбуки), насосы и электродвигатели. При работе с офисным оборудованием, опасность поражения электрическим током возникает только в случае замыкания токоведущих частей на корпус прибора. Следовательно, для предупреждения возможной опасности перед началом работы с любым из перечисленных оборудований необходимо проводить визуальный осмотр

изоляции на предмет повреждения. Согласно ГОСТ 12.2.003-91 эксплуатация прибора с неисправной изоляцией недопустима.

К организационно-техническим мерам обеспечения электробезопасности относят методы ориентации такие как: специальная маркировка частей электрооборудования, предупредительные сигналы, надписи и таблички, различные предупреждающие знаки, окраска токоведущих частей, цветовая и текстовая маркировка, световая индикация.

## **6.2 Региональная безопасность**

Вредные вещества, выделяющихся при операциях пайки, лужения, обжиге изоляции проводов поступают в воздух рабочей зоны, в виде паров, газов, аэрозолей. В таблице 1 приводятся класс опасности и предельно допустимые концентрации (ПДК) для некоторых припоев, флюсов и выделяющихся газов.

Наиболее вредными веществами, выделяющимся при монтажных работах являются свинец (1й класс), кадмий (1й класс), медь (2й класс), окислы азота (2й класс). Свинец и его соединения относятся к промышленным ядам, попадают в организм в виде паров, аэрозолей, с пищей и вызывает хроническую интоксикацию. Свинец является кумулятивным ядом, накапливается в костях и внутренних органах, поражает центральную и периферическую нервную систему, сердечно-сосудистую систему, систему крови, внутренние органы (печень, желудочно-кишечный тракт). Хронические отравления свинцом могут развиваться бессимптомно и обнаруживаются только при медосмотрах по лабораторным исследованиям. Как указывалось ранее, в лаборатории оборудована вытяжными устройствами для предотвращения попадания в дыхательную систему организма человека вредных веществ. Посредством вытяжки вредные вещества попадают в атмосферу, однако их концентрация пренебрежимо мала, поэтому данный фактор едва ли стоит рассматривать как серьезный источник загрязнения атмосферы.

Согласно СанПиН 2.2.3.570-96 эксплуатируемый комплекс и оборудование для переработки сырья (гидроциклоны) не вырабатывают вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, гидросферу и литосферу. Значит, справедливо утверждать, что работа такого комплекса не сопровождается вредоносным влиянием на окружающую среду.

Электронные оборудования, пришедшие в негодность и подлежащие ремонту, списываются и утилизируются в специальные пункты сбора.

### 6.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении сидя, таких как проектирование оборудования и осуществление производственных процессов, изложены в ГОСТ 12.2.032-78. Приведенный ГОСТ устанавливает, что каждое рабочее место должно занимать по площади не менее 6 м<sup>2</sup>, а по объему – не менее 15 м<sup>3</sup>. Кроме того, в соответствии с указанным ГОСТ устанавливается высота рабочей поверхности при организации рабочего места в зависимости от вида проводимых работ. Работы, производимые при разработке комплекса, частично относятся к тонким, частично к легким работам. В таблице 6.6 представлены требования к высоте рабочей поверхности согласно ГОСТ 12.2.032-78.

Таблица 6.3 – Требования к высоте рабочей поверхности при организации рабочего места.

Наименование работы	Высота рабочей поверхности, мм, при организации рабочего места		
	женщин	мужчин	женщин и мужчин
Тонкие работы (монтаж мелких деталей, станочные работы, требующие высокой точности, и др.)	835	905	870

Наименование работы	Высота рабочей поверхности, мм, при организации рабочего места		
	женщин	мужчин	женщин и мужчин
Легкие работы (монтаж более крупных деталей, конторская работа, станочные работы, не требующие высокой точности, и др.)	700	750	725

Рабочая зона, включает два оборудованных рабочих места с локальным освещением. Геометрические размеры пространства, отводимого для рабочего места, удовлетворяют рассмотренным требованиям.

В течение рабочего дня сотрудникам предоставляется перерыв для отдыха и питания продолжительностью в один час. Этот час не включается в рабочее время и не оплачивается.

#### **6.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений**

В период разработки и экспериментальных исследований в лаборатории ТПУ соблюдались все правила безопасности жизнедеятельности, подлежащие исполнению согласно федеральному законодательству и нормативным правовым актам.

Согласно Трудовому кодексу РФ работник обязан:

- соблюдать действующие нормы, правила и инструкции по охране труда;
- правильно применять коллективные и индивидуальные средства защиты;
- проходить обучение, инструктаж по безопасным приемам труда;
- немедленно сообщать своему непосредственному руководителю о любом несчастном случае, произошедшем на производстве, о признаках профессионального заболевания, а также о ситуации, которая создает угрозу жизни и здоровью людей.

Среди обязанностей работника также можно выделить добросовестное выполнение его непосредственных обязанностей и соблюдения внутреннего трудового распорядка.

За нарушение законодательных и иных нормативных актов об охране труда работник может быть привлечен к дисциплинарной ответственности, а в отдельных случаях – к материальной и уголовной ответственности согласно законодательству РФ.

Согласно Конституции РФ, ст. 37 каждый работник имеет право на безопасные и безвредные условия труда, которые должна обеспечить администрация предприятия. В случае нанесения ущерба здоровью работника из-за несчастного случая работник имеет право участвовать в расследовании, целью которого является выяснение причин возникновения несчастного случая и материальное возмещение причиненного ему вреда.

Согласно Трудовому кодексу РФ работодатель должен знать законодательство об охране труда, поскольку он несет юридическую и моральную ответственность за жизнь, здоровье и благополучие своих работников. Работодатель обязан организовывать обучение и инструктаж работников безопасным методам и приемам труда, а также периодические медицинские осмотры работников и их социальное страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Незнание нормативных правовых актов не освобождает ни работника, ни работодателя от ответственности, которую эти акты накладывают.

## **6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При производственной и научно-исследовательской деятельности могут возникать чрезвычайные ситуации, обусловленные прежде всего техническими причинами и человеческим фактором.

В каждой рабочей зоне существует вероятность возникновения пожара, причиной которого могут быть неисправности эксплуатируемого

электрооборудования, а также непрофессиональное и безалаберное проведение работ оператором с использованием электрических приборов.

Здание института построено из кирпича, который является негорючим материалом. Зданиям из негорючего материала присваивают вторую степень огнестойкости. Сама же лаборатория имеет категорию В по степени пожароопасности, поскольку содержит горючие материалы в холодном состоянии.

Среди причины возникновения пожара электрического характера выделяют:

- пожары в результате некачественных проектных и строительно-монтажных работ;
- возникновение короткого замыкания;
- неисправность электросети;
- перегрузка электросети, приводящая к сильному нагреву токоведущих частей и загорание изоляции;
- нарушения правил пожарной безопасности.

В случае возникновения пожара опасность для работающего персонала несет собой открытый огонь, токсичные продукты горения, дым, повышенная температура, пониженная концентрация кислорода, обрушение конструкций и т.д. Для обеспечения эффективной борьбы с огнем в здании должны быть средства пожаротушения, пожарные лестницы, эвакуационные выходы. Также на каждом этаже института на видных местах должны быть расположены планы эвакуации людей при возникновении чрезвычайных ситуаций. Кроме того, в помещении на потолках должны располагаться датчики системы пожарной сигнализации. Все сотрудники института должны проходить инструктаж и обучение правилам поведения при пожаре.

Также здесь должны быть рассмотрены вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях, причиной которых являются стихийные факторы, однако это не является целесообразным – географическое расположение города Томска исключает сильные землетрясения, наводнения и прочие

стихийные бедствия. К возможным причинам возникновения чрезвычайной ситуации обусловленной природными явлениями следует отнести сильные морозы в зимнее время года. К мерам по предупреждению последствий морозов можно отнести наличие резервного отопления и резервных электрогенераторов.

## **Заключения и выводы**

В данной магистерской диссертации был спроектирован подшипниковый узел для мешалки окрасочных составов СО – 140, спроектирован и сконструирован гидроциклон с производительностью 20 кг/ч по твердой фазе, на котором проводились исследования золошлаковых материалов ТЭЦ г.Северск. В результате исследований были подобраны оптимальные конструктивные параметры гидроциклона для выделения тонущей алюмосиликатной микросферы такие как угол конусности, диаметр песковой насадки, угол входа питающего патрубка, напор на входе в аппарат.

Максимальная степень извлечения алюмосиликатной микросферы на сконструированном аппарате составила 79%.

Результаты исследований будут использоваться при проектировании технологической линии завода по переработке золошлаковых материалов ТЭЦ в г.Северск.

## Приложение А

Раздел

### Административно-географическая и природно-климатическая характеристика г.Северска

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Мартынов Юрий Михайлович		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Игна О.Н.	д.п.н. доцент		

## **Administrative-geographical and natural-climatic characteristics of Seversk town**

The investigated combined heat and power plant (CHPP) is located in Seversk - a town (since 1954) in the Tomsk region.

The town of Seversk is located on the right bank of the Tom River near Tomsk. This is the largest of the closed towns in Russia. Seversk was founded in 1949. The main enterprise is the Siberian Chemical Combine, which was the first in Siberia to receive uranium.

The population of closed administrative territorial formation (CATF) Seversk for 01.01.2015 is 114.9 thousand people, in the out-of-town territories there are about 6.5 thousand people;

The share of the urban population for January 1, 2015 is 94.3%;

The proportion of the population at working age for 01.01.2015 is 57.8%;

The territory of the CATF Seversk - 485.7 km<sup>2</sup>

CATF Seversk, one of the largest closed towns in Russia, is a member of the Association of Closed administrative and territorial formations of the nuclear industry [38].

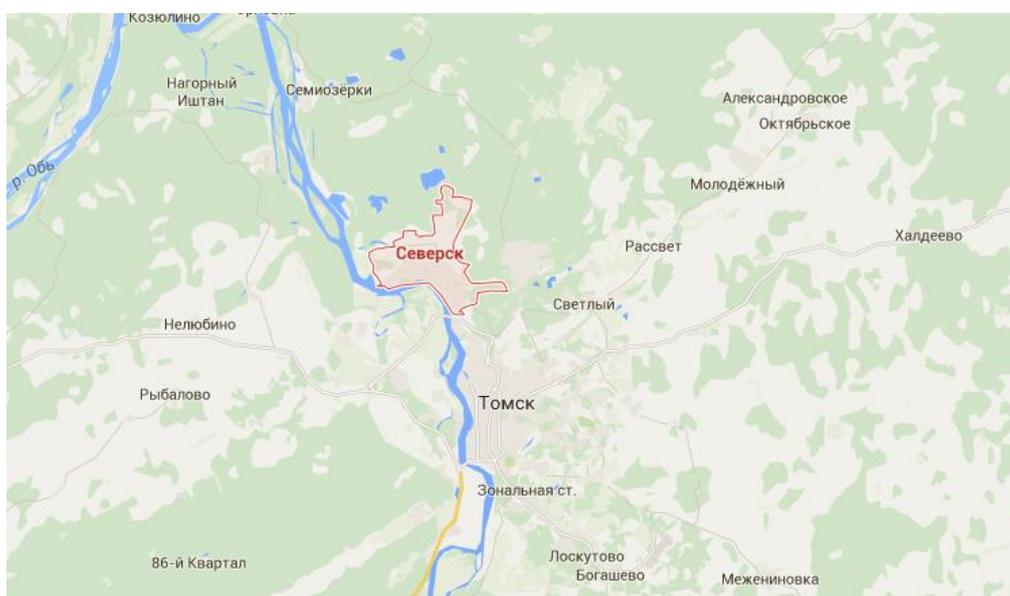


Figure 1 – Overview maps of Seversk



Figure 2 – Overview maps of Seversk

All forms of relief developed within the territory under consideration were formed during the quaternary period as a result of the river network under the direct influence of successive climate change associated with periods of glaciation and interglacial epochs. Tectonic movements and modern geological processes played an important role in the formation of the relief. The relief of the region is formed by a combination of accumulative and denudational plains. The terrain in the town is uneven. Seversk is located in the southeast of the West Siberian Plain [33].

#### Climate

The climate of this region is a continental type with warm summers and cold winters and uniform humidification. The plainness of the relief and the openness of the territory of the marginal part of the West Siberian Plain from north to south contribute to free penetration of both from the Arctic and from Central Asia. This causes sudden changes in all elements of the weather in relatively short periods of time.

In the annual climatic cycle four seasons are distinguished: winter, spring, summer and autumn. Winter begins in the last days of October and in the beginning of November and ends in the second half of March. Summer in the middle of the region begins in the second half of May and ends in the first half of September.

By the amount of atmospheric precipitation, most of the territory of Seversk refers to a zone of sufficient and excessive moistening. The highest monthly precipitation is in June, July or August, the lowest is in February. In general, an average of 450-500 mm of precipitation a year falls on the territory of the region. In some years the amount of precipitation reaches 600 mm. Snow cover is installed in late October - early November and lasts until the last decade of April. The height of the snow cover is 50-60 cm.

This region is located in the zone of predominance of winds of the southern and south-western directions. Average wind speeds are 2-5 m / s, sometimes up to 15 m / s. In winter there are snowstorms (especially in December, January, March) [33].

#### Geological structure

The interfluvial of the rivers Kamyshka and Samuska is a slightly wavy slightly drained and heavily swamped plain with absolute elevations ranging from 70 to 172 m. A considerable amount of precipitation (up to 500-550 mm) contributes to the soil moisture suppression with insufficient heat supply and low evaporation. In such conditions, marsh and podzolic soil formation processes can occur simultaneously.

In the soil cover of the interfluvial rivers Kamyshka and Samuska, four types of soils are distinguished: under ashen, marshy-under ashen, marsh-capped peat, inundated.

The lithological composition of the surface deposits, moistening conditions, and the nature of the vegetation determine the dominance of the sod-podzolic subtype of podzolic soils on the studied territory, the formation of which is associated with intensive leaching and podzolization. Soil-forming rocks of sod-

podzolic soils are sand and sandy loam. They are characterized by a sand fraction of 1-1.05 mm, which in some cases reaches 78-79%. The acid reaction of the soil solution is typical. The main features are deep gleying, associated primarily with the weak drainage of the territory and its prolonged freezing.

The subtype of sod-podzolic soils is characterized by the presence of an under ash horizon, a clear separation of the humus horizon with a humus content of 2-4%. The humic horizon of these soils has a light gray and whitish shade. Its thickness varies from 10 to 30 cm. The eluvial horizon is strongly clarified and has a brownish-whitish color [36].

The swamp top peat soils are formed in conditions of stagnant moistening under the cover of moisture-loving vegetation. The incomplete decomposition of dying plant remains, occurring during the warm period of the year, and the accumulation of these residues leads to peat formation processes. Swamp peat moors on deep peat soils are widely distributed in the interfluvium of the rivers Kamyshka and Samuska. They form in the depressions of the second terrace above the floodplain Tomy under specific oligotrophic vegetation (sphagnum mosses, cotton grass, semi-shrubs, rare oppressed pines), and also on the extended flat sections of the bottom of the Samuska valley in its middle course under the canopy of moist polydominant dark coniferous forests. The thickness of the peat deposit is more than 200 cm. At the same time, wetlands with developed deep peat bogs on the interfluvium of the rivers Kamyshka and Samuska have special environmental importance and should be preserved as areas of accumulation of surface moisture maintaining the water level in local lakes.

All types of soils, represented on the interfluvium of the rivers Kamyshka and Samuska, are characterized by low natural fertility and are of little use for economic use as a result of low humus content, a highly acidic reaction of the environment, low phosphorus and potassium content. The agrotechnics of cultivating such soils requires the introduction of large quantities of organic and mineral fertilizers. For this reason, the expansion of the area of farmland requires a special ecological and economic argumentation and should not be accompanied by

a negative impact on the state of the environment and, above all, on the state of the catchment area of the lake complex in the vicinity of Samus, changes in the water level in lakes and its quality [33].

#### Hydrological characteristics

On the territory of the Tomsk region there are 114 rivers with a total length of 2,193 km.

In the town of Seversk: r. Tom, r. Great Kirghizka

On the territory of Tomsk district 58.3% of the region's underground waters are concentrated.

In hydrogeological terms, this area is located within the south-eastern part of the West Siberian Artesian Basin and its folded Paleozoic frame.

A feature of the hydrogeological conditions of this region is its confinement to the junction of two large hydro-geological structures: the West Siberian Artesian Basin and the Kolyvan-Tomsk folded zone.

The following aquifers and complexes are distinguished: The Neogene-Quaternary sediment complex includes hydraulically interconnected water-bearing and water-resistant horizons of lacustrine-bog sediments, river floodplain sediments; Above floodplain terraces, ancient drain gullies and accumulative plains. The aquifer complex is widespread the Ob-Tomsk interfluvium and on the right bank of the river. Tom. Waters of lacustrine-bog sediments are developed on floodplains of rivers, terraces, run-off plains and watersheds. They are composed of peat, silt, silty loam up to 6 m thick, characterized by low water loss. The water-bearing rocks of floodplain sediments are composed of sands and gravel-pebble deposits with a thickness of 5 to 23 m.

The water-bearing complex of Paleogene deposits is the main source of water supply in Tomsk and partly in Seversk. This complex is confined to the sediments of the Novomikhaylovsky, Yurkovsky and Kuskovsky suites, composed of sands, silts, clays with interbeds of brown coal and lignites.

The water-bearing complex of cretaceous sediments unites the aquiferous horizons of the Simon and Sime suite. This complex is widely distributed within the characteristic area, absent in the southeast part of the Ob-Tomsk interfluve.

Underground waters of the fissured aquifer zone of Paleozoic formations are widespread everywhere, leaving the day surface on the right bank of the river. Tom and plunging abruptly in the north and north-west directions. Underground waters are confined to all water-bearing varieties of sediments. At the same time, water-bearing complexes of Paleogene and Neogene-Quaternary deposits, which are characterized by a satisfactory quality of groundwater, are the source of household and drinking water supply [1].

Infiltration of atmospheric precipitation plays the main role in feeding groundwater of all the allocated aquifers and complexes in the direction of the river. The differences are substantially reduced in the absolute marks of water levels in the first aquifer from the surface and in the lower horizons. During high water levels, the water levels in the river exceed groundwater levels in the alluvial aquifer, which leads to a change in the direction of the filtration flow. At this time, the river, instead of the unloading area, becomes the area of groundwater supply [1].

### Vegetation

In the contemporary vegetation cover, the interfluves of the rivers Kamyshki and Samuski are represented as the root, zonal and azonal as well as derived types of vegetation.

Now derived vegetation is the most common and occupies vast areas on the second and third terraces of the above terraces of the river Tom and on the slopes of the water dividing plain. Derived vegetation is represented by long-derived birch and aspen forests and their mixed variants. The main forest forming breed in this area is aspen. Birch has a more limited distribution and gravitates to drier locations.

Remains of indigenous southern taiga vegetation are displaced in the valleys of the rivers Kamyshka and Samuska and in small fragments were

preserved in the logs on the dismembered slopes of the watershed plain. The dominant role in the stands of these forests is spruce and fir, which often accompanies cedar and pine. Rare and small fragments there are plantations with a predominance of cedar, confined to the same locations. In valleys, dark coniferous forests are often represented by swampy varieties, and sub-vegetation is formed by marsh grassland.

The rest of root vegetation on the interfluvium of the rivers Samuska and Kamyshki is represented by pine forests and vegetation of bogs.

Originally pine forests existed on this territory in the most drained and dry outer part of the second terrace above the floodplain of Tom. At present they are represented by pure pine or mixed plantations with birch and aspen. They occupy the most accessible part of the second terrace above the floodplain of Tom in the neighborhood with the settlements and are under permanent anthropogenic impact, as a result of which the natural renewal of these forests is weakened. In addition, the renewal of coniferous species in this area is difficult due to the highly developed grass vegetation. The creation of forest crops in such conditions requires multiple agrotechnical care in the first years of life. The tendency of natural regenerative - age dynamics in conditions of specially protected natural territories (SPNT) is to replace the derivatives of deciduous formations with indigenous conifers. The great development of the derived vegetation on this territory is caused by the relatively young age of forest plantations on the interfluvium of the Kamyshki and Samuski rivers. According to the materials of the forest inventory, the average age of forests in the area under consideration is 95.3 years. In coniferous plantations, it is correspondingly slightly higher and is 122.4 years. In general, the average age of coniferous plantations varies from 100.9 years in spruce to 140 years in larch. The average age of hardwood is 57.3 years, including for birch plantations - 56.6 years, for aspen plantations - 57.9 years.

The derived types of vegetation on the interfluvium of the rivers Kamyshki and Samuska also include all the meadows currently used as hayfields and pastures. All the meadows represented on the territory should be considered to be

tertiary rather than secondary. Most of the massifs were on the site of secondary small-leaved forests as a result of regular haymaking or pasturing of cattle.

Small fragments of meadow vegetation among forest lands are represented by herb-grass meadows and are used by the local population for haymaking. The larger massifs of meadows used as hayfields and pastures are concentrated near populated areas and livestock complexes.

When pasture load from the grass stand of forests and hayfields, large-scale and slightly resistant to trampling species of grasses first of all drop out, turf grasses are quickly introduced, non-eaten and poisonous species grow. Species composition of the grass stand depends on the nature of moistening. In well-moistened areas, the base is made up of a giant pancake, and accompanied by a pike, bluegrass marsh, fescue, fox, hedgehog, gooseberry, yarrow, and others. In dry habitats the grass is formed on the basis of bluegrass meadow grass. Of the accompanying species, the most common yarrow, grass, timothy, medium plantain, creeping clover, clover meadow, often cumin, cornflower, burdock and others.

The vegetation cover is one of the important components of the landscape. By its structure, composition, structure of individual plant communities, it is possible to judge the degree of disturbance of the landscape, as well as the ecological state of the environment as a whole [36].

## **Animal world**

### *Mammals*

There are 46 mammal species belonging to 6 orders and 11 families established within the territory of the city and adjacent territories, which is 74% of the total species diversity of the animals of the Tomsk region. On the selected site are represented all the orders of mammals living in the Tomsk region. The main part of the species belongs to the detachments of Insectivores and Rodents and their families of shrew, ordinary bats, mouse. Of the order of predators, the species of the family are common. Representatives of these families do not differ in size,

which allows them to live in relatively small areas. At the same time, within the Seversk, mammals of medium and large sizes are noted, in particular, badger, lynx, fox and moose. You can't exclude the calls of wolves, wolverines and brown bears, which was observed in previous years. The abundant species composition is explained by the considerable variety of natural conditions.

On the territory of Seversk, 3 out of 6 species listed in the Red Book of the Tomsk Region were noted. This is a Siberian white-tooth (the family "Shrew"), a water-moth and brown ears (the family "Ordinary Bats"). From the factors of anthropogenic origin, the burning of the grass stand on forest glades, as well as forest fires, can have a negative impact on the Siberian white-tooth. Water sturgeon and brown ears can be indirectly affected by the deterioration of the forage base due to human use of various pesticides [32].

### *Birds*

Within the territory of the city and adjacent areas, there are 284 bird species of 16 orders, which is 87% of the total species diversity of birds in the Tomsk region.

By nature of habitat, the fauna of birds of the allocated territory is divided into 4 categories:

1. Nesting - 214 (75%)
2. Spanning - 42 (15%)
3. Wintering - 4 (1%)
4. Flight - 24 (9%)

Representatives of the first group constitute the main basic of the fauna. It includes regularly nested birds. Most of them arrive only at the nesting period, others after the breeding lead a settled-nomadic way of life, without making long flights. The category of "migratory" includes species that visit the territory only during seasonal migrations in spring and autumn, and their nesting places lie outside the territory. "Hibernating" are species that arrive only in winter and leave the territory for the summer. "Spanning" and "wintering" species appear regularly, but their numbers are subject to significant fluctuations. To "visiting" are species whose meetings are not of a regular nature, as a rule, their meetings are random.

The selected area is dominated by bird species associated with forest landscapes and wetland systems. Most of the species (34 of 41) listed in the Red Book of the Tomsk Region are listed here (Table 4), and 15 species are found among 18 species of the Red Book in Russia that live in the Tomsk Region. Of these, 9 species belong to the "nesting" species, "fly-by" - 5, "wintering" - 1 species. Among the representatives of the first group should be distinguished black stork, golden eagle, white-tailed eagle, osprey and eagle owl.

The main negative impact on birds is associated with the transformation of the habitat by economic activities - agricultural and industrial production (degradation of vegetation in different tiers and an increase anxiety of the birds) [32].

## Список использованной литературы

1. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А., Рихванов Л.П. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. – Кемерово, 1999. – 248 с.
2. Башаров М. М., Сергеева О.А. Устройство и расчет гидроциклонов. – Учебное пособие. – Казань: Вестфалика, 2012. – 92 с.
3. Делицын Л.М., Власов А.С., Мелентьев Г.Б., Рябов Ю.В., «Угольная зола: отходы или сырье?» Энергетика, экология, экономика средних и малых городов. Проблемы и пути их решения (Итоги второй Всероссийской научно-практической конференции) / Г.Б. Мелентьев, Г.А. Чекмарева, Л.А. Жарких и др. // Экология промышленного производства. - 2003. - Вып. 2. - С. 14-16.
4. Иванов Илья Анатольевич. Структурные параметры и принципы построения научной классификации твердых горючих ископаемых : диссертация ... кандидата химических наук : 05.17.07. - Москва, 2004. - 105 с
5. Кизильштейн, Л. Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях / Л. Я. Кизильштейн. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. – 295 с.
6. Кизильштейн, Л. Я. Компоненты зол и шлаков ТЭЦ / Л. Я. Кизильштейн, В. И. Дубов, А. Л. Шпинцглюз, С. Г. Парада. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
7. Купряхин, А. Н. Стеновые материалы на основе суглинков и остеклованных микросфер. Год: 2005. Количество страниц:171
8. Максимова Н. В. Продукты пирогенного преобразования углевмещающих пород из горелых терриконов и золоотвалов ТЭС Южного Урала : диссертация . кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.05  
Количество страниц: 215 с. ил 61 01-4/119-4
9. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров и магистров Института природных ресурсов /Сост. Н.В. Крепша. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 53 с.

10. Мустафаев А. М., Гутман Б. М. Гидроциклоны в нефтедобывающей промышленности. - М.: Недра, 1971. - 260 с.
11. Поваров А. И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках. - М.: Недра, 1978. -267 с.
12. Промышленная экология: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Калыгин В.Г. - М.: Издательский центр "Академия", 2004. - 432с.
13. Поцелуев А.А., Арбузов С.И., Рихванов Л.П. Микроэлементы в золах каменных углей и перспективы их комплексного извлечения.//Природный комплекс Томской области. Т.1. Геология и экология. – Томск: Издательство ТГУ, 1995. – С. 260-268
14. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – М.: Норматика. 2014. – 464 с.
15. Рябчиков С. Я., Дельва В. А., Чубик П. С. Руководство к лабораторным работам по буровым машинам и механизмам. – Томск: изд.ТПУ, 1994.-112 с.
- 16 Резниченко И. Н. Приготовление, обработка и очистка буровых растворов. -М.: Недра, 1982. -230 с.
17. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2: Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1992. – 292с.
18. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1992. – 360с.
19. Сокол Элина Владимировна. Минералообразование в процессах пирогенного метаморфизма : Дис. ... д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.05 : Новосибирск, 2003 461 с. РГБ ОД, 71:04-4/55
20. Фролов А.В., Бакаева Т.Н. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 750 с.
21. Щерблыкина, Т. П. Вторичное минеральное сырье на основе золошлаковых отходов ТЭС для строительства и производства строительных материалов / Т. П. Щерблыкина // Энергетик : Ежемесячный произв.-массовый журнал. - 2008. - N 2 . - ISSN 0013-7278

22. Язиков Е.Г., Таловская А.В., Жорняк Л.В. Минералогия техногенных образований: учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 160 с.

#### Нормативная

23. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).

24. Нормативные документы. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

25. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – М.: Норматика. 2014. – 464 с.

26. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-8 и ПУЭ-9. – М.: Норматика. 2014. – 452 с.

27. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда".

28. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 6.04.03 г.).

29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2002. - 14 с.

30. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

31. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, утв. Постановлением ГКСЭН России 01. 10. 1996 г.

32. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2: Геолого-экологические работы. – М.: ВИЭМС, 1992. – 292с.

33. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7– М.: ВИЭМС, 1992. – 360с.
34. СН 2.2.4/2.1.8.556–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор РФ, 1996.
35. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
36. СНиП 23-05-95 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
37. Фролов А.В., Бакаева Т.Н. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда. – Ростов на Дону: Феникс, 2008. – 750 с.

#### Интернет-ресурсы

38. Животный мир Томской области [Электронный ресурс] URL: [http://shkola.tsu.ru/blog/index.php?blog=regina-blog&page=post&post\\_id=593](http://shkola.tsu.ru/blog/index.php?blog=regina-blog&page=post&post_id=593)
39. Карта Северска [Электронный ресурс] URL: <https://www.google.ru/maps/search/google+earth+%D1%81%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA/@56.6147342,84.7817522,14.29z>
40. Карта Северска [Электронный ресурс] URL: <https://www.google.ru/search?q=%D1%81%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA&newwindow>
41. Магнит А.Я. Сочнева [Электронный ресурс] URL: <https://www.google.ru/search?q=%D0%A0%D1%83%D1%87%D0%BD%>
42. Охрана окружающей среды /Особо охраняемая природная территория местного значения «Озерный комплекс п. Самусь» / Общие сведения [Электронный ресурс] URL: [http://www.seversknet.ru/ecology/oopt/obshie\\_svedenia](http://www.seversknet.ru/ecology/oopt/obshie_svedenia) (дата обращения: 20.12.15)
43. Пеноизол [Электронный ресурс] URL: <https://www.google.ru/search?q=Пеноизол&newwindow>
44. Северск. Материал из Википедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс] URL:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA> (дата обращения: 20.12.15)

45. Северская ТЭЦ [Электронный ресурс] — свободной энциклопедии — свободной энциклопедии [Электронный ресурс] Режим доступа:

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%A2%D0%AD%D0%A6](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%A2%D0%AD%D0%A6)

46. Кадр спутниковой съемки г. Северска через сервис Google Earth URL:

<https://www.google.com/maps/place/%D0%A1>

47. Сравнительный метод определения по С.А. Вахромееву [Электронный ресурс] URL:

<https://www.google.ru/search?q=%D0%A1%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B>

48. Электронный микроскоп Hitachi S-3400N [Электронный ресурс] URL:

<https://www.google.ru/search?q=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%>