

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 магнитного сепаратора на постоянных магнитах для извлечения магнитной фракции из золы

УДК 621.928.8:662.613.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4KM51	Гимаев Богдан Дамирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент. каф. 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	Креницына 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.		

Томск – 2017г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат освоения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</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)
Р5	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)
Р6	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)
Р7	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р8	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)
Р9	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
4КМ51	Гимаев Богдан Дамирович

Тема работы:

Проектирование магнитного сепаратора на постоянных магнитах, для извлечения магнитной фракции из золы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№10497/ 08.12.16

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.17
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Объект исследования: магнитная фракция из золошлаковых отходов ТЭЦ г. Северска 2. Вид сырья: пульпа, состоящая из воды и золошлаковых материалов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Объект и методы исследования 2. Расчеты и аналитика Результаты проведенного исследования Введение 3. Золошлаковые материалы 4. Магнитная фракция в золошлаковых материалах 5. Финансовый

	6. менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность Заключение
Перечень графического материала	1. Электронная презентация 2. Чертежи
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Золошлаковые материалы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	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	Гимаев Богдан Дамирович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ51	Гимаев Богдан Дамирович

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Энего и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость ПО 132 737 руб.; Размер оклада руководителя проекта 36 800 руб.; Размер стипендии дипломника 11 000 руб.;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Число календарных дней в году – 365; Продолжительность выполнения проекта – 24 месяца; Дополнительная заработная плата – 15 % от основной; Накладные расходы - 10% от суммы всех расходов.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления на социальные нужды во внебюджетные фонды – 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Планирование комплекса работ на создание проекта, построение графика выполнения работ
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Расчет материальных затрат на ПО, заработную плату, дополнительные расходные материалы
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка услуг
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Диаграмма Исикава
4. Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации
5. Перечень заинтересованных сторон проекта
6. Цели и результаты проекта
7. Рабочая группа проекта
8. Ограничения проекта
9. Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты
10. Затраты на спецоборудование для научных работ
11. Расчет основной заработной платы
12. Баланс рабочего времени
13. Схема проектной структуры проекта
14. Матрица ответственности

15. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Гимаев Б. Д.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4КМ51	Гимаев Богдан Дамирович

Институт	Физики высоких технологий	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Анализ энергоэффективности магнитного сепаратора. Проектирование магнитного сепаратора на персональном компьютере (построение математических моделей, проектирование, набор текста). Помещением является лаборатория, имеющая необходимые приборы и оборудования</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – шум, и его связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаробезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p><i>1. Вредные факторы:</i> - Шум – наушники защитные; - Вибрация – виброизоляционные установки - Освещение – требуемое количество люминесцентных ламп. <i>2. Опасные факторы:</i> - Пожарная безопасность – соблюдение правил ПБ; - Электробезопасность – соблюдение правил ЭБ.</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>Работа установки предусматривает выбросы жидких и твердых отходов. Для</p>

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	предотвращения экологического загрязнения, требуется соблюдение установленных мер выброса отходов.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	предотвращения ЧС, требуется соблюдение установленных мер ПБ.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю. Обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу проводятся с целью определения соответствия состояния здоровья лица, поступающего на работу, поручаемой ему работе, а также с целью раннего выявления и профилактики заболеваний.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.17
---	----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4КМ51	Гимаев Богдан Дамирович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 88 страниц, 9 рисунков, 25 таблиц, 35 формул, 45 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: зола, золошлаковые материалы, ЗШМ, магнетит, магнитный сепаратор, фракция.

Объектом исследования являются золошлаковые материалы, содержащие в себе магнитную фракцию (магнетит).

Цель работы – спроектировать магнитный сепаратор на постоянных магнитах, для извлечения магнитной фракции из золошлаковых материалов.

На основании поставленной цели работы сформулированы следующие задачи:

- обзор литературных источников по методам магнитной сепарации, и типам магнитных сепараторов;
- провести серию экспериментов, выявить эффективные параметры магнитного сепаратора;
- спроектировать магнитный сепаратор.

Практическая значимость работы:

- спроектированный магнитный сепаратор будет являться частью лабораторной технологической линии по переработке золошлаковых материалов;
- полученные экспериментальные данные лягут в основу для проектирования магнитного сепаратора, для будущего завода по переработке золошлаковых материалов в г. Северск.

Область применения: обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья с содержанием магнитной фракции.

Экономическая эффективность/значимость работы: выполненная работа является экономически эффективной, и будет внедрена в технологической линии проектируемого завода по переработке золошлаковых материалов в городе Северск.

Достоверность полученных результатов исследований обеспечивается сериями экспериментов при фиксированных значениях основных факторов.

На защиту выносятся:

- результаты исследований и экспериментов исследуемой магнитной фракции в золошлаковых материалах;
- проект магнитного сепаратора и шнекового транспортера для выделения магнитной фракции из золошлаковых материалов

Личный вклад автора состоит в разработке и планировании экспериментальных исследований, проведении экспериментов, проектировании магнитного сепаратора и шнекового транспортера, анализе полученных данных и результатов, формулировке выводов и заключения по диссертации.

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.

Магнитный сепаратор – аппараты, предназначенные для отделения магнитных примесей от немагнитных.

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

ЗШМ – золошлаковые материалы.

Оглавление

Реферат	2
Определения и обозначения.....	4
1 Золошлаковые материалы	10
1.2 Химические и физические характеристики зол и шлаков	15
1.3 Ценные и полезные компоненты золошлаковых отходов	19
1.4 Области применения золошлаковых материалов	22
2 Магнитная фракция в золошлаковых материалах.....	23
2.1 Применение магнитной фракции.....	23
2.2 Классификация магнитных сепараторов.....	24
2.3 Способы защиты магнитных сепараторов от гидроудара.....	25
3 Объект и методы исследования.....	28
4 Расчеты и аналитика	30
4.1 Экспериментальная часть	30
4.1.1 Исследование влияния параметров модельной установки магнитного сепаратора на эффективность извлечения магнитной фракции	30
4.2.2 Исследование зависимости действия магнитного поля на магнитную фракцию с изменением расстояния и толщины пластины	33
4.2 Проектный расчет сепаратора.....	36
4.2.1 Определение сил действующих на магнитную фракцию.....	36
4.2.1 Конструкция барабана	39
4.2.2 Выбор электродвигателя	40
4.3 Расчет шнекового транспортера	41
4.3.1 Определение диаметра винта	42
4.3.2 Определение мощности на валу винта	43
4.3.3 Определение мощности двигателя для привода шнекового конвейера	43
5 Результаты проведенного исследования	45
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	47
6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47

6.1.3	Диаграмма Исикавы.....	48
6.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации	49
6.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	51
6.2	Инициация проекта	52
6.3	Планирование управления научно-техническим проектом	54
6.3.1	Контрольные события проекта.....	54
6.3.2	Бюджет научного исследования.....	54
6.3.3	Организационная структура проекта.....	58
6.3.5	План управления коммуникациями проекта.....	60
6.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	61
6.4.1	Оценка абсолютной эффективности исследования	61
6.4.2	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	63
7	Социальная ответственность	65
7.1	Производственная безопасность	65
7.1.1	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	66
7.1.2	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)	67
7.2	Экологическая безопасность (Охрана окружающей среды).....	70
7.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
7.4	Правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности.....	72
7.4.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	72
7.4.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны...	73
	Заключение	76
	Приложение А	77
	Список литературы	82

Введение

Энергетическая стратегия России на период до 2020г. направлена на сохранение доминирующей роли тепловых электрических станций (ТЭС). При реформировании и улучшении теплоэнергетического сектора, технологиям сгорания угля, отводится важная роль в создании социально-экономического развития и энергетической безопасности регионов и страны [1]. Важное значение, в данный момент и в дальнейшей перспективе, уделяется решению проблем эффективного энергетического использования огромного по запасам топлива угольных месторождений Западной и Центральной Сибири [1,2]. Следовательно, исследования, нацеленные на разрешение смежных с этим задач, являются сегодня актуальными.

В настоящее время актуальна разработка ресурсосберегающих технологий во всех отраслях промышленности, в которых заменяется традиционно привозное сырье местными природными ресурсами и промышленными отходами. Для энергетики особенно остро стоит проблема заполнения золошлакоотвалов т.к. объем производимых в России ЗШО составляет сотни миллионов тонн в год, из которых только около 15 процентов перерабатывается. Ежегодная выработка ЗШО в России составляет около 30 млн. тонн, а накоплено уже в общей сложности более 1,5 млрд. тонн. Для складирования таких объемов требуются большие территории, необходимо проведение специализированных работ технической и экологической направленности, как на стадии проектирования сооружения, так и при его эксплуатации. По мере заполнения золошлакоотвалов для складирования ЗШО выделяются все новые площади, изымаемые из оборота. При этом у 115 станций из 172, работающих на угле, емкость золошлакоотвалов практически исчерпана [3].

Как сказал президент Национальной ассоциации производителей и потребителей золошлаковых материалов Игорь Кожуховский, многие золошлакоотвалы близки к заполнению, а строительство новых для

генерирующих компаний дорогое удовольствие. По различным оценкам, стоимость возведения нового золошлакоотвала составляет от пяти до восемнадцати миллиардов рублей. У компаний нет иного выхода кроме как выделить деньги на строительство, чтобы не прерывать работу электростанции из-за переполнения золоотвала. И данный вопрос не теряет свою актуальность уже на протяжении десятилетий. Чтобы исчерпать эти проблемы, нужно сломать тенденцию накопления отходов и заменить ее на тенденцию их сокращения. "Хочу подчеркнуть: чтобы перейти от накопления к сокращению объемов золошлаков на существующем парке электростанций есть единственный путь организовать крупнотоннажную утилизацию золошлаков", - говорит Кожуховский [3].

Но в тоже время золошлаковые отходы имеют определенные физикохимические свойства, во многом идентичные природному минеральному сырью, среди которых есть и вновь приобретенные, обладающие возможностью экономически целесообразно использовать и реализовать при определенных технологических возможностях, что является одним из важных путей разрешения проблемы экологического загрязнения на территории работы ТЭС. ЗШО можно рассматривать как техногенные месторождения полезных ископаемых, так как по сути являются вторичными ресурсами сырьевого значения. В зольных отходах содержится достаточно большое разнообразие соединений алюминия, железа, никеля, хрома, марганца, редких и рассеянных элементов, таких как ванадий, германий, галлий. В некоторых литературных данных так же отмечается, что в процессе сгорания каменного угля на ТЭС, вместе с золошлаками, выбрасывается настолько огромное количество металлов, что даже в природе их добыча рентабельна при меньшей концентрации [4].

Всё это позволяет сказать, что золы и шлаки являются достаточно ценным сырьём, которое возможно продуктивно использовать в различных сферах. Золошлаки относятся к отходам пятого класса опасности, то есть практически безопасные, и они вполне могут быть применимы в получении

стройматериалов и удобрений для сельского хозяйства, в дорожном строительстве, рекультивации последствий недропользования, исправлении [5].

1 Золошлаковые материалы

В процессе сжигания пылеобразного горючего при 1200–1700 °С появляются

твердые отходы следующих видов: шлак и зола. Около 80% переходит в золу уноса из минеральной части каменного угля, улавливаемой в гидроциклонах и других фильтрах, а около 20% поступает в шлак, который наполняется в шлаковых бункерах под топкой. Далее, с помощью метода гидроудаления, золошлаки

направляют на золоотвалы, где они остаются под слоем воды или на открытом воздухе [4].

Со стороны рационального природопользования золошлаки являются добытым из недр земли, переправленным на другую местность и не до конца использованным сырьем, способным удовлетворить разные виды нужд производства и промышленности. Известно, что золы на 98–99 % состоят из Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na. Все элементы имеют название – золообразующие (макроэлементами). Почти все другие элементы периодической системы находятся в составе золошлаков до 0,1%, это микроэлементы. В процессе сгорания угля, часть микроэлементов (Sr, Ba, Sc, Y, La, Ti, Zr и др.) остаются в шлаке. Другие элементы (Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb и др.) при температуре сгорания более 1000 °С выводятся из зоны повышенных температур и собираются в фильтрах (при 110–120 °С). Можно предполагать обогащения золошлаковых отходов приведенными металлами [5].

В настоящее время, в России и других странах, имеется весьма богатый опыт использования золошлаковых материалов в разных отраслях промышленности. В 1976г. Министерство транспортного строительства СССР утвердило положение «Технические условия по использованию зол уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов твердого топлива для сооружения земляного полотна и устройства

дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог» ВСН 184-75, в которых описываются требования к использованию золы и шлаков в процессе строительстве дорог.

В восьмидесятых годах исследовательские работы и практическое применение данных материалов было весьма активным. Данная ситуация была связана с большим объемом строительства автомобильных дорог и их улучшением в Западной Сибири, Нечерноземной зоне, где ресурсы песка, щебня, и других традиционно используемых материалов ограничены. В 1976-1990 гг. был создан ряд нормативных документов, продвигающих способы применения золошлаковых материалов в строительстве дорог [6]. Создание автомобильных дорог с использованием золошлаков, проходило в разных регионах России, особенно в районах с малым запасом инертных материалов, используемых ранее. С использованием золошлаковых материалов произведено более 300 км дорог, в то числе: Москва-Рига, Москва-Серпухов, Москва-Кашира. На автомобильной дороге Алтай-Кузбасс на отсыпке слоев земляного полотна использовано 65 тыс. м³ золошлаковых материалов. Алтайавтодор в 1999-2002 гг. применял золы уноса Барнаульской ТЭЦ в конструктивных слоях дорожных одежд на автомобильных дорогах III-IV категорий. ЗШМ использовались при производстве тампонажных растворов для строительства Лефортовского тоннеля использовалась сухая зола ТЭЦ-22 Мосэнерго, при возведении земляной насыпи трассы М4 ушло свыше 600 тысяч тонн ЗШО Ступинской ТЭЦ-17, недавний пример – насыпь мостового сооружения из 700 тысяч тонн золошлаков Каширской ГРЭС. Одно из первых предприятий которое начало утилизировать ЗШО, является Каширская ГРЭС. С 2005 года на станции усиленно ведется проект превращения отходов сырьем. Потребителями сырья являются Москва и Московская область, а также соседние регионы. Потребителями выступают в основном строительные компании или предприятия, производящие строительные смеси, цемент, кирпич. И из года в год спрос на золошлаковый

материал только увеличивался. В 2008 году спрос составлял примерно 75 000 тонн, по последним данным 2015 года, эта цифра составляет 678 000 тонн.

Лидером по утилизации ЗШО в России является Сибирский Федеральный округ, по данным 2014 года объем утилизированных золошлакоотходов составляет 3,5 млн. тонн (78% от общего использования ЗШО в России), а в 2013 году эта цифра составляла 2,7 млн. Важно отметить, что ЗШО утилизируется не предприятиями-переработчиками в качестве промышленного сырья, а самими станциями производящие эти отходы. Энергокомпании перемещают ЗШО с одной секции на другую (законсервированную или не действующую), либо используются при строительстве ограждающих дамб золошлакоотваов [7].

Основным нормативным документом, в котором приведены и детализированы основные требования к золошлаковым материалам, используемым в дорожном строительстве, а также указания по технологии их применения являются «Технические указания по использованию зол уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов твердого топлива для сооружения земляного полотна и устройства дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог» (ВСН 185-75). Они основаны на обобщенных результатах исследований Союздорнии, его филиалов, Гипродорнии, Госдорнии и ряда других научно-исследовательских организаций с учетом производственного опыта. ВСН 185-75 предусматривают применение в дорожном строительстве зол уноса и золошлаковых смесей, получаемых от сжигания в котлоагрегатах тепловых электростанций (ТЭС). Также ЗШМ можно использовать как добавку к бетону. В настоящее время ГОСТ 25818-91 и ГОСТ 25592-91 определили требования к химическому составу ЗШМ, применяемым для производства различных видов бетонов и строительных растворов. Нормируется содержание оксидов – CaO, MgO, SO₃, Na₂O и K₂O. За рубежом утилизация ЗШО развита намного лучше, чем в России.

Ведущее место среди стран Западной Европы в решении проблемы использования топливных отходов ТЭС в дорожном строительстве занимает

Франция [8]. В начале 60-х годов в Англии отходы от сжигания каменного угля начали применять, как материал для возведения насыпей. Исследования показали, что зола уноса является материалом, пригодным для сооружения насыпей и устройства нижних слоев основания дорожной одежды, которые должны находиться на глубине не менее 40 см от поверхности покрытия в связи с их недостаточной морозоустойчивостью. Аналогичные исследования золошлаковых смесей из отвалов тепловых электростанций доказали их пригодность для сооружения насыпей и устройства оснований дорожных одежд. Из этого материала были отсыпаны две насыпи при реконструкции дороги А1, в которые уложено около 172800 м³ золошлаковой смеси [9]. В Венгрии тоже построены насыпи из золошлаковых отходов[10]: одна высотой 2-3 м, объемом 4000 м³, вторая - соответственно 1,7 м и 22744 м³, третья - 1,5 м и 2700 м³. Благодаря хорошей дренирующей способности смесей строительство не прекращалось даже в очень дождливую погоду. Кроме того, в 1986г. с применением золы было уложено около 2 млн. м² дорожных покрытий [11].

Опыты, проведенные в США, показали, что золы можно использовать для гидротехнических насыпных сооружений [12]. Использование ЗШО в Польше составляет около 80%. Исследования и опытные работы, проведенные по укреплению золы уноса как самостоятельным вяжущим не только песков, но и глинистых грунтов [13].

1.1 Классификация зол и шлаков

Классификацией зол и шлаков занималось множество исследователей - Н.А. Попов, Н.А. Иванов, Г.Н. Книгина и М.В. Балахнин, Е.А. Галибина, А.В. Волженский и В.Н. Виноградов, В.А. Мелентьев и другие. Основным фактором, определяющим возможность золы осуществлять вяжущие свойства, является наличие кальция в свободном или связанном виде. Поэтому выведены следующие критерии:

- модуль основности (гидросиликатный модуль) M_0 , который представляет собой отношение суммы основных оксидов к сумме кислотных оксидов:

$$M_0 = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) : (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$$

- силикатный (кремнеземистый) модуль M_c , показывающий отношение оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к суммарному содержанию оксидов алюминия и железа:

$$M_c = \text{SiO}_2 : (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

- коэффициент качества K , показывающий отношение оксидов, повышающих гидравлическую активность к оксидам, снижающим ее:

$$K = (\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) : (\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2)$$

На основе множества исследований топливных отходов тепловых электростанций, сжигающих уголь с разных месторождений, золошлаковые отходы поделены на категории - активные, скрыто активные и инертные [4].

Таблица 1.1 — Классификация топливных отходов от сжигания твердого топлива

Химические свойства		Золошлаковые материалы		
		активные	скрыто активные	инертные
Показатели качества	M_0	0,5-2,8	0,1-0,5	<0,1
	M_c	1,5-7,8	1,4-3,6	1,3-3,2
	L	1,0-3,6	0,5-1,3	0,4-0,9
Содержание форм кальция	$\text{CaO}_{\text{общ}}$	20-60	5-20	0,5-5
	$\text{CaO}_{\text{своб}}$	0-30	0-2	0-1
	$\text{CaO}_{\text{сульф}}$	0,5-9	0,2-2	0,1-1,6
	$\text{CaO}_{\text{карб}}$	15-45	5-15	0-5
Возможные области использования	Самотвердеющий материал. Местное вяжущее, изделия на его основе, преимущественно автоклавного твердения. Дорожное строительство	Требует интенсификации твердения. Производство изделий, твердеющих при тепловой обработке с активизаторами. Дорожное строительство	Сырье для производства кирпича, зольного гравия. Техногенный грунт. Дорожное строительство	

К активным относят золу (ЗШМ) поволжских сланцев, углей Канско-Ачинского угольного бассейна, ангренского угля, некоторых торфов. Общее процент оксида кальция колеблется в пределах 20-60%, свободного оксида кальция - до 30%. Данный состав дает высокие показатели модулей основности силикатного, и коэффициента качества. От сжигания, золошлаковые материалы, указанных видов топлива, имеют свойство самопроизвольно затвердевать, что дает возможность применять их самостоятельно вяжущие материалы [5].

К скрыто активным ЗШМ относят райчихинских, богословских, харанорских, черемховских, хакасских и некоторых других углей. Общий процент содержания оксида кальция в этих золах составляет в пределах 5-20%, содержание свободного оксида кальция - не более 2%. Модуль основности составляет не выше 5%. В основном они применяются в качестве комплексных вяжущих с активизаторами.

К инертным относятся ЗШМ от сжигания экибастузских, подмосковных, кузнецких, донецких, нерюнгринских и других углей. Они определяются высоким процентным содержанием оксидов алюминия и кремния, и малым количеством оксидов кальция и магния. Свободного оксида кальция содержится не более 1%, в некоторых ЗШМ данной категории его может вовсе не наблюдаться. Как правило, их применяют в качестве техногенных грунтов [1].

1.2 Химические и физические характеристики зол и шлаков

Основными факторами, влияющими на химический и минерально-фазовый составы, являются: режим сжигания, теплотворная способность, место отбора проб, метод удаления и улавливания.

При большой температуре (1200 - 1600 °С) сжигания топлива, минеральные примеси изменяются, с ними происходят сложные физико-химические процессы: выделяется химически связанная вода силикатов и алюмосиликатов; разлагаются карбонаты; идут реакции в твердой фазе;

происходят плавление, кристаллизация, силикатообразование, стеклообразование и др. По этой причине, золошлаковый материалы ТЭЦ имеют сложный минералогический и химический составы[6].

Химический состав золошлаков, от сжигания угля в России и ряда других стран, в основном представляет SiO_2 и Al_2O_3 . Также, в составе оксидов наблюдаются Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , SO_3 и др.

Существуют ГОСТ 258-18-91 и ГОСТ 25592-91, которые указали требования химического состава золошлаковых материалов, используемых в качестве производства разных видов строительных растворов и бетонов. Нормируется содержание оксидов - CaO , MgO , Na_2O и K_2O :

- Оксида кальция CaO – 10%, чтобы обеспечить равномерность изменения объема при твердении, свободного CaO – 5%;
- Оксида магния MgO – не более 5%;
- Верхний предел сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 по требованиям сульфатостойкости – 3-6% (в зависимости от вида исходного топлива);
- Суммарное содержание щелочных оксидов Na_2O и K_2O – 1,5-3% (в зависимости от вида сжигаемого топлива) во избежание деформаций при их реакции с заполнителями.

В золошлаковых материалах часто остается угольный недожог, это зависит от вида угля и метода сжигания. Процент потери массы должен составлять не более 4-25%, в зависимости от вида угля [8].

Минерально-вазовый состав включает неорганическую и органическую составляющие. Неорганическая фаза, в свою очередь, состоит из составляющих:

В минерально-фазовом составе содержатся органические и неорганические компоненты. Неорганическая фаза включает в себя:

- Аморфную, представлена аморфизированным глинистым веществом и стеклом;

- Кристаллическую, содержащую слабоизмененные зерна минералов исходного топлива (кварц, полевые шпаты и другие термически устойчивые минералы) и кристаллические новообразования, полученные при сжигании топлива (муллит, гематит, алюмосиликат кальция и др.).

В золошлаковых отходах, стекло бывает алюмосиликатного, силикатного и железисто-алюмосиликатного состава

Аморфизированные глинистые вещества – метакаолинит и слабоспекшееся аморфизированное глинистое вещество, а также спекшиеся и частично остеклованные частицы – влияют на химическую активность золы, вид поверхности зольной частицы и ее форму.

Большинство частиц зол имеет сферическую форму и стекловидную поверхность. Также наблюдается различие в однородности частиц. Встречаются частицы, состоящие на 90% из стекла. Имеются частицы с нерасплавленной внутренней частью, которые состоят из коксовых и минеральных зерен. Существуют стекловидные полые шарики, образованные в процессе вспучивания стекла. Также встречаются частицы неправильной формы, размер которых находится в интервале от 3 до 60 микрон. Из-за различного количества пузырьков, образуются частицы с губчатой поверхностью, в них также содержатся кристаллические вещества [9].

При нехватке температуры для сгорания угля и повышенной тугоплавкости зольной части, получаются золы, состоящие из аморфизированного глинистого вещества, имеющие пористые частицы неправильных форм. Данные зольные частицы обладают высокой степенью водопоглощения.

В фракциях высокой крупности, находятся агрегаты, полученные как результат спекания большого количества мелких зерен. Данные агрегаты не однородны и обладают низкой прочностью [10].

В сравнении с золами, шлаки имеют больше стеклофазы (до 95%), но меньше органических остатков и аморфизированного глинистого вещества. Это объясняется тем, что шлаки дольше находятся в высокотемпературной

зоне печи. В них кристаллическая часть представлена кварцем, магнетитом, муллитом и т.д.

Важными физическими свойствами золошлаковых материалов являются зерновой состав, плотность, способность к морозному получению и водонасыщение.

Зерновой состав зависит от типа угля, его размеров, режима сжигания в печи, способа улавливания золы.

Золошлаковые материалы, не могут напрямую взаимодействовать с водой. Это характерно лишь для тех зол, которые содержат свободные оксиды магния и кальция. Аморфные составляющие золошлаков, имеют свойство пуццолановой активности, т.е. способность сблизать при обычных температурах гидроксид кальция, тем самым, получая соединения которые не растворяются в воде. При высоком их количестве, существует возможность гидравлического твердения вяжущих, из смесей извести ил портландцемента с шлаком или золой [9].

Аморфизированное глинистое вещество, аморфные SiO_2 и Al_2O_3 и алюмосиликатное стекло обладают Пуццолановой активностью в составе золошлаков. У них различна реакционная способность к гидроксиду кальция, которая также зависит от температурных превращений каолиновых глин при сжигании топлива. Метакаолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, имеющий высокое значение удельной поверхности, хорошо реагирует с $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при обычных температурах, в результате чего образуется гидрогеленит и гидросиликат кальция [12].

Значительно меньше активность аморфных SiO_2 и Al_2O_3 , получаемых при более высоких температурах, это можно объяснить стремительным уменьшением удельной поверхности, вследствие кристаллизации и спекания новообразований – кристаболлита, муллита.

Спекание при высоких температурах и плавка глинистых минералов быстро уменьшают их активность и удельную поверхность. В результате чего, стеклофаза золошлаков имеет низкую активность при обычных температурах.

При повышенных температурах сжигания угля, выше допустимого температурного уровня, следует падение активности множества топливных зол [11].

1.3 Ценные и полезные компоненты золошлаковых отходов

В составе золошлаковых материалов, преимущественный интерес вызывают: вторичный уголь, алюмосиликатные полые микросферы, магнитный концентрат и тяжелая фракция, имеющая примеси ценных и редких металлов в виде рассеянных элементов.

Результатом долгих исследований являются успешные результаты по выделению ценных элементов из золошлаков и их утилизации [1,9,10].

С помощью эффективной технологической линии, состоящей из установок различного разделения дисперсных сред, золошлаки можно разделить на: инертную массу, вторичный уголь, тяжелую минеральную фракцию, железосодержащий магнитный концентрат [9].

Угольный недожог. С помощью флотации, есть возможность производить процесс выделения угольного недожога из золошлаковой пульпы. Он содержит частицы несгоревшего угля и продуктов его термической переработки – кокса и полукокса, имеет повышенную теплотворную способность (>5600 ккал) и зольностью (до 50-65%). При добавлении мазута, угольный недожог может быть повторно использован на ТЭЦ, или в форме брикетов продаваться в розницу как топливо.

Магнитная фракция, получаемая из ЗШО, содержит 70-95% шарообразных магнитных агрегатов и окалины. Другие минералы (гематит, лимонит, пирротин) наблюдаются в количестве от единичных зерен до 1-5% от веса концентрата. Также, в магнитной фракции спорадически наблюдаются редкие зерна платиноидов [13]. По форме, это порошкообразная мелкотонкозернистая масса темно-серого и черного цвета с преобладающим размером частиц 0,1-0,5 мм. Частиц крупнее 1 мм не более 10-15%. Процент содержания железа в магнитной фракции в пределах от 50 до 58%. Магнитная фракция из золоотвала содержит следующие элементы: Fe - 53,34%, Mn-

0,96%, Ti – 0,32%, S - 0,23%, P - 0,16%. После спектрального анализа, было обнаружено, что в концентрате также находится Mn до 1%, Ni первые десятые доли %, Co до 0,01-0,1%, Ti -0,3-0,4%, V-0,005-0,01%, Cr – 0,005-0,1 (редко до 1%), W – от сл. до 0,1%. Данное соотношение компонентов, близко к составу хорошей железной руды [12]. С литературным данным [3,8] при выделении ЗШО с помощью магнитной сепарации на производстве, выход магнитного фракции составляет 10-20% от массы золы, пот выделении 80-88% Fe₂O₃ и содержания железа 40-46%. Железо из золошлаковых материалов может использоваться в качестве получения стали, ферросилиция и чугуна. Кроме того, магнетит может использоваться в качестве сырья в порошковой металлургии.

Алюмосиликатные полые микросферы - это дисперсный материал, в форме полых микросфер, имеющие размер от 10 до 500 мкм. Удельная плотность 500-600 кг/м³, насыпная 350-500 кг/м³. Базовыми компонентами состава микросфер является муллит, алюмосиликатная стеклофаза, кварц. В качестве примеси находятся магнетит, гематит, оксид кальция, полевои шпат, гидрослюда. Основными компонентами химического состава это железо, кремний, алюминий. Также встречаются микропримеси разных компонентов в пределом ниже промышленной значимости и порога токсичности. Содержание естественных радионуклидов не выше допустимого предела. Самая высокая удельная эффективная активность около 350-450 Вк/кг и соответствует второму классу строительных материалов (до 740 Вк/кг) [15].

Таблица 1.2 — Содержание основных элементов в алюмосиликатных микросферах

№ п/п	Компоненты	Содержание, %	№ п/п	Компоненты	Содержание, %
1	SiO ₂	52-58	8	Na ₂ O	0,1-0,3

Продолжение таблицы 1.2

2	TiO ₂	0,6-1,0	9	K ₂ O	1,6-2,4
3	Al ₂ O ₃	26-30	10	SO ₃	не более 0,3

4	Fe ₂ O ₃	3,5-4,5	11	P ₂ O ₅	0,2-0,3
5	MnO	0,1-0,3	12	Ппп	2-3
6	MgO	2-3	13	Влажность	Не более 10
7	CaO	5-8	14	Плывучесть	Не менее 90

Процент содержания Ni, Co, V, Cr, Cu, Zn не более 0.05% каждого элемента. В результате сферической формы и невысокой плотности, микросферы могут применяться в качестве наполнителей для различных изделий. Главными направлениями применения алюмосиликатных микросфер являются: сферопластики, тонажные и буровые растворы, дорожно-разметочные термопластики, теплоизоляционные радиопрозрачные и облегченные строительные керамики, теплоизоляционные безобжиговые материалы и жаростойкие бетоны [3].

В других развитых странах, микросферы применяются в различных отраслях промышленности. В России, в настоящее время, применение микросфер весьма ограничено, поэтому они попутно сбрасываются на золоотвалы вместе с золой. На тепловых электростанциях, микросферы являются причиной забивания труб оборотного водоснабжения. По этой причине, каждый 3-4 года, производятся замены труб или другие дорогостоящие операции [6].

Сжигаемые угли на тепловых электростанциях, имеют примеси различных редких элементов. В процессе сжигания, их содержание в золошлаках увеличивается в 5-6 раз, что представляет промышленный интерес.

Тяжелая фракция, выделяемая методом гравитации при помощи обогатительных установок, включает тяжелые металлы, а также драгметаллы. С помощью доводки, из тяжелой фракции выделяются драгметаллы и, по накоплению, иные ценные составляющие (Cu, редкие и др.). Выделение золота из отдельных исследованных золоотвалов достигает 200-600 мг из 1т. золошлаков. Золото является тонким, и обычным методом не извлекается [8].

Существует более 300 видов технологических процессов и переработки и применения ЗШО, но они, в своем большинстве, направлены на использование золошлаковых материалов в производстве строительных материалов и строительстве.

При переработке 100 тыс. т ЗШО можно получить:

- вторичный уголь – 10-12 тыс.т;
- железорудный концентрат – 1,5-2 тыс.т;
- золото–20-60 кг;
- строительный материал (инертная масса) – 60-80 тыс.т.

1.4 Области применения золошлаковых материалов

Практика и научные исследования строительства дорого показали, что золошлаковые материалы от сжигания угля, являются материалами, пригодными для использования в различных отраслях народного хозяйства [15]:

- в сельском хозяйстве – в качестве удобрения;
- в металлургии – в качестве алюминия и концентрата для получения железа;
- в строительной сфере ЗШО смеси – применяются в качестве сырья для добавок в цементы и бесклнкерные вяжущие, бетоны (тяжелые, легкие, ячеистые), пористые заполнители, силикатные, керамические, теплоизоляционные и другие материалы.

В строительстве дорог, золошлаки применяются в качестве сооружения земляного полотна, для укрепления основания, для заполнения и как минеральный порошок в асфальтобетонах. Зола сухого улавливания может применяться как самостоятельный вяжущий материал, а также как активная добавка с неорганическими и органическими вяжущими веществами [16].

2 Магнитная фракция в золошлаковых материалах

2.1 Применение магнитной фракции

Железосодержащий магнитный концентрат получаемый из золошлаковых отходов, состоит на 70-95% из шарообразных магнитных агрегатов и окалины. Остальные минералы (пирротин, лимонит, гематит, пироксены, хлорит, эпидот) присутствуют в количестве от единичных зерен до 1-5% от веса концентрата. Кроме того, в концентрате спорадически отмечаются редкие зерна платиноидов, а также сплавы железо-хромоникелевого состава.

Внешне это мелкотонкозернистая порошкообразная масса черного и темно-серого цвета с преобладающим размером частиц 0,1-0,5 мм. Частиц крупнее 1 мм не более 10-15% [17].

Содержание железа в концентрате колеблется от 50 до 58%. Состав магнитного концентрата из золошлаковых отходов золоотвала ТЭЦ-1: Fe - 53,34%, Mn- 0,96%, Ti – 0,32%, S - 0,23%, P - 0,16%. По данным спектрального анализа в концентрате присутствует Mn до 1%, Ni первые десятые доли %, Co до 0,01-0,1%, Ti -0,3-0,4%, V - 0,005-0,01%, Cr – 0,005-0,1 (редко до 1%), W – от сл. до 0,1%. По составу это хорошая железная руда с лигирующими добавками[15].

Выход магнитной фракции по данным магнитной сепарации в лабораторных условиях колеблется от 0,3 до 2-4% от массы золы. По литературным данным [3,8] при переработке золошлаковых отходов путем магнитной сепарации в производственных условиях выход магнитного концентрата достигает 10-20% от массы золы, при извлечении 80-88% Fe₂O₃ и содержании железа 40-46%.

Магнитный концентрат из золошлаковых отходов может быть использован для производства ферросилиция, чугуна и стали. Он также может служить исходным сырьем для порошковой металлургии [18].

2.2 Классификация магнитных сепараторов

В зависимости от физико-химических характеристик разделяемого материала и его крупности используют различные типы магнитных сепараторов (барабанные, валковые, ленточные, дисковые, роторные и др.). Преимущественное распространение для обогащения сильномагнитных материалов получили барабанные сепараторы, для слабомагнитных — валковые и роторные. Основные конструктивные элементы магнитных сепараторов: магнитная система, питатель, ванна (при мокром обогащении), транспортирующее устройство (барабаны, валки, роторы), желоба и течи разделяемых продуктов, привод и рама [23].

При сухом обогащении на барабанных сепараторах руда (крупнее 3 мм) загружается на верхнюю часть барабанов. Магнитные частицы притягиваются к поверхности барабанов, а немагнитные или слабомагнитные ссыпаются с барабана в течи и направляются на перемешивание. При мокром обогащении измельчённая руда в виде пульпы поступает под барабан. Дальнейшее движение пульпы определяется типом ванн (прямоточные, противоточные и полупротивоточные). Тип ванны применяется в соответствии с крупностью сепарируемого материала (прямоточные — материал крупностью от 3 до 6 мм; противоточные — материал крупностью менее 3 мм; полупротивоточные — материал крупностью менее 0,15 мм) [21].

В роторных сепараторах при вращении ротора удерживаемые частицы выводятся из зоны действия сильного магнитного поля и смываются водой в сборники магнитного продукта. В процессе работы сепаратора при вращении ротора магнитная система, как и в барабанных сепараторах, остаётся неподвижной.

Магнитные сепараторы изготавливают различных типоразмеров. Производительность сепараторов зависит от крупности разделяемого материала. Для сильномагнитных руд сепараторы имеют диаметр барабана до 150 см, длиной до 400 см. Производительность такого сепаратора 250-40 т/ч

при крупности материала соответственно 0-3 и 0-0,074 мм. Для слабомагнитных руд диаметр ротора сепаратора достигает 600 см, а производительность на материале крупностью 0-0,1 мм составляет около 300 т/ч [22].

Область применения магнитной сепарации и объём переработки полезных ископаемых этим способом непрерывно возрастают, т.к. этот способ обогащения высокопроизводителен, наиболее прост и дешёв, а также удовлетворяет экологическим требованиям. С созданием роторных сепараторов магнитную сепарацию стали шире использовать при обогащении бедных слабомагнитных руд [21].

2.3 Способы защиты магнитных сепараторов от гидроудара

Принцип защиты от гидравлических ударов заключается в предотвращении перехода кинетической энергии в энергию упругой деформации. Это можно сделать путем использования следующих основных принципов:

- Аккумуляция энергии;
- Устройства для подсосывания жидкости и впуска воздуха (срыв вакуума);
- Оптимизация характеристики закрытия запорного клапана;
- Оптимизация алгоритма управления трубопроводной системой.

При помощи воздушных баков и «трубных стояков» энергия аккумулируется в виде энергии давления, а если установлен маховик насоса, то энергия сохраняется в виде энергии вращающейся инерционной массы. Аккумуляция в достаточном количестве энергии служит для поддержания направления стационарного потока в течение довольно продолжительного времени и обеспечивает постепенное медленное снижение скорости потока за счет рассеяния энергии (диссипации). Таким образом, предотвращается резкое падение давления. Если воздушные баки и «трубные стояки» до насоса встроены в длинный подводящий трубопровод, то они

предотвращают быстрое изменение давления не только благодаря рассеянию энергии, но и за счет приема энергии (аккумуляции) [24,28].

Гидроаккумуляторы выполняются в виде компрессорных камер, мембранных воздушных баков (рис. 1), и резервуаров с погруженной аэрационной трубой. Принцип действия воздушных баков компрессорного и аккумуляторного типа в принципе одинаков. Выбор того или другого устройства определяется техническими или коммерческими условиями. Вследствие своей конструкции мембранные воздушные баки подходят только для небольших объемов.

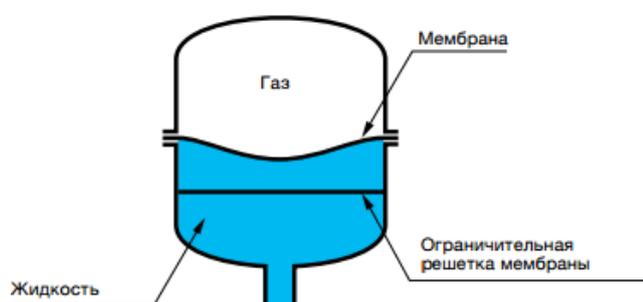


Рисунок 2.1 — Схема гидроаккумулятора

Объем бака не является единственным решающим фактором. Если соотношение объемов воды и воздуха тщательно подобрано, то можно использовать бак с существенно меньшим суммарным объемом. Чтобы обеспечить постоянный корректный уровень заполнения, компрессорные камеры можно оснастить датчиками, которые будут включать или выключать компрессор по мере необходимости. Мембранные воздушные баки (аккумуляторы) обычно регулируются перед установкой путем предварительного закачивания сжатого воздуха внутрь колпака. Воздушные баки устанавливаются не только на выходе насоса с напорной стороны для защиты от последствий аварийной остановки насоса. Они могут быть также установлены в других подходящих местах трубопроводной системы. Например, в длинных подводных трубопроводах дополнительный воздушный бак на входе в насос обеспечивает защиту от гидроудара. Если происходит отказ насоса или аварийный останов, расположенный на

всасывании бак будет поглощать энергию, в то время, как расположенный на напорной стороне бак будет отдавать энергию [24].

3 Объект и методы исследования

Целью работы является определение эффективных параметров процесса выделения магнитной фракции для проектирования магнитного сепаратора. Объектом исследования является магнитная фракция в золошлаковых материалах, полученных на предприятии ТЭЦ г. Северск при сжигании кузбасского угля. Присутствие в отходах значительного количества железа в виде магнетита и оксида железа трехвалентного, определяет возможность их выделения методом магнитной сепарации

Исследуемые золошлаковые материалы образуются на Северской ТЭЦ (ТЭЦ СХК), это тепловая электростанция в городе Северске, входит в состав Сибирского химического комбината. Имеет в составе 15 турбоагрегатов и 18 котлов, работающих на кузнецком каменном угле, энергетическая мощность составляет 738 МВт, тепловая — 1760 Гкал/час [15].

ТЭЦ Северска имеет 4 золоотвала, 2 зарезервированы, 2 активно пополняются в настоящее время. На рисунке 3 представлен спутниковый снимок, на котором выделена территория исследуемого золоотвала. Снимок сделан при помощи сервиса maps.google.com.

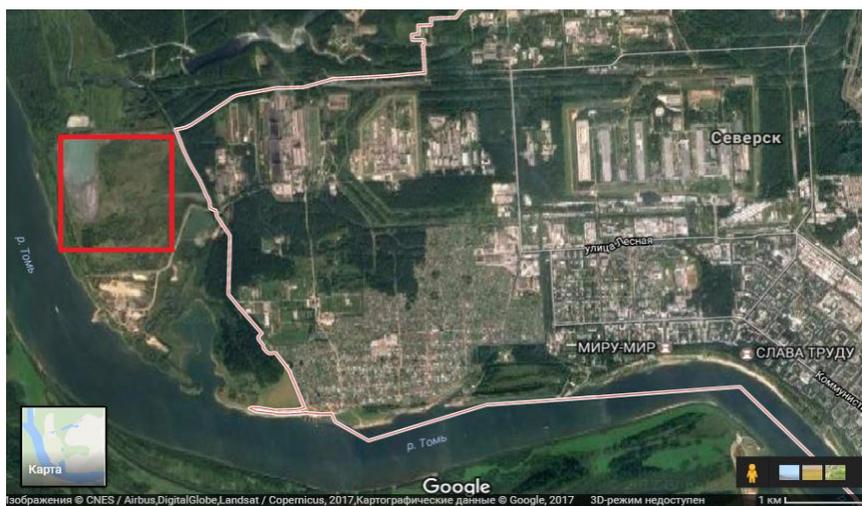


Рисунок 3.1 — Спутниковый снимок территории г.Северск и исследуемого золоотвала

На предприятии ТЭЦ СХК для сгорания применяется Кузбасский уголь, по петрографическому составу в основном гумусовые, каменные (с содержанием витринита соответственно 30—60 % и 60—90 %), в тарбаганской серии — угли переходные от бурых к каменным. По качеству угли разнообразны и относятся к числу лучших углей. В глубоких горизонтах угли содержат: золы 4—16 %, влаги 5—15 %, фосфора до 0,12 %, летучих веществ 4—42 %, серы 0,4—0,6 %; обладают теплотой сгорания 7000—8600 ккал/кг (29,1—36,01 МДж/кг); угли залегающие вблизи поверхности, характеризуются более высоким содержанием влаги, золы и пониженным содержанием серы [12].

4 Расчеты и аналитика

4.1 Экспериментальная часть

Для проектирования магнитного сепаратора с высокой степенью извлечения магнитной фракции, были проведены эксперименты, которые показали характер влияния магнитного поля на магнитную фракцию, в условиях проектируемой установки.

4.1.1 Исследование влияния параметров модельной установки магнитного сепаратора на эффективность извлечения магнитной фракции

В эксперименте использовался дисковый неодимовый магнит марки N138 с диаметром 50мм и высотой 30мм. Исходным сырьем являлась пульпа, с общей массой 260 ± 1 гр (250 ± 1 гр – вода, 10 ± 1 гр – ЗШМ). Твердая составляющая имела соотношение: $10 \pm 2\%$ - магнитная часть, $90 \pm 2\%$ - немагнитная часть. Соотношения концентраций получены на основании анализа реальных проб, взятых из пульпы ТЭЦ г. Северск, в период с мая по ноябрь 2016 года.

Для проведения эксперимента была собрана модельная установка. На магнит закреплялась пластиковая пластина, модель устанавливалась под определенным углом, и сверху осуществлялась подача сырья. Далее пульпа стекала самотеком, а магнитные частицы оставались в зоне действия магнитного поля. Контролируемыми параметрами были: угол наклона, толщина пластины, расстояние от магнита до пластины. Данная модель является имитацией барабана магнитного сепаратора, и ее целью было определить метод подачи сырья, поведение магнитных и немагнитных частиц в разной точке вращающегося барабана, и его эффективные параметры. По каждому параметру было проведено по 3 параллельных эксперимента.

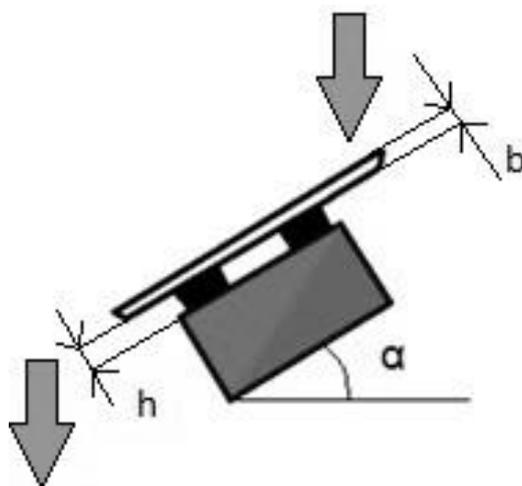


Рисунок 4.1 — Схема экспериментальной модельной установки, α – угол наклона пластины; h – расстояние от пластины до магнита; b – толщина пластины

В таблице 1 представлены данные, полученные в ходе эксперимента, где: $m_{\text{магн}}$ – магнитный концентрат на выходе; $m_{\text{немагн}}$ – немагнитная часть оставшаяся в зоне действия магнитного поля; $m_{\text{магн}}'$ – магнитный концентрат не удержавшийся в зоне действия магнитного поля; $m_{\text{немагн}}'$ – немагнитный остаток на выходе; % - процент извлеченного магнитного концентрата.

Таблица 4.1 — Определение эффективных параметров проектируемого магнитного барабана

Угол наклона α	10°		25°		45°		60°			
Расстояние от пластины до магнита $h \cdot 10^3$, м	10	5	5	5	10	5	5	5		
Толщина пластины $b \cdot 10^3$, м	2	4	2	4	4	2	4	2	4	4

Продолжение таблицы 4.1

m _{магн} * 10 ³ , кг	0,660	0,5	0,66	0,70	0,58	0,55	0,52	0,66	0,585	0,615
		42	0	0	0	5	0	0		
	0,720	0,6	0,72	0,74	0,58	0,59	0,50	0,70	0,635	0,835
		82	0	5	0	5	5	5		
	0,445	0,7	0,78	0,67	0,64	0,47	0,53	0,55	0,590	0,470
		10	5	0	5	5	5	0		
m _{немагн} * 10 ³ , кг	0,275	0,3	0,19	0,26	0,18	0,14	0,14	0,12	0,135	0,120
		10	0	0	5	5	0	5		
	0,315	0,2	0,33	0,21	0,24	0,15	0,15	0,20	0,120	0,120
		95	0	5	0	0	5	0		
	0,170	0,3	0,21	0,23	0,29	0,14	0,14	0,07	0,145	0,070
		20	0	0	0	0	0	0		
m _{магн} ² * 10 ³ , кг	0,125	0,1	0,13	0,10	0,19	0,18	0,17	0,23	0,140	0,230
		30	5	5	5	0	5	5		
	0,145	0,1	0,11	0,11	0,15	0,16	0,17	0,12	0,120	0,270
		20	0	0	5	5	0	5		
	0,145	0,1	0,12	0,09	0,20	0,16	0,18	0,12	0,125	0,240
		45	5	5	5	5	0	0		
m _{немагн} ² *10 ³ , кг	7,570	8,0	7,26	7,84	7,78	8,25	8,36	8,58	8,590	8,455
		10	0	5	0	0	5	5		
	8,140	7,9	8,57	8,51	6,92	8,34	8,10	8,57	8,510	8,350
		20	0	5	0	5	0	5		
	6,915	7,3	8,32	7,08	7,74	8,54	8,60	7,94	8,540	8,525
		45	0	0	0	0	5	5		
%	84	81	83	86	75	74	74	73	81	73
	83	85	86	87	79	78	75	85	84	76
	75	83	86	87	76	74	75	82	82	66

В таблице 4.2 приведены средние значения данных из таблицы 1.

Таблица 4.2 — Средние значения

Угол наклона α	10°				25°	45°				60°
	10		5		5	10		5		5
Расстояние от пластины до магнита $h \cdot 10^3$, м										
Толщина пластины $b \cdot 10^3$, м	2	4	2	4	4	2	4	2	4	4
$m_{\text{магн}} \cdot 10^3$, кг	0,69 0	0,64 4	0,72 1	0,70 5	0,60 1	0,54 1	0,52 0	0,68 3	0,60 3	0,542
$m_{\text{немагн}} \cdot 10^3$, кг	0,29 5	0,30 8	0,24 3	0,23 5	0,23 8	0,14 5	0,14 5	0,16 2	0,13 3	0,120
$m_{\text{магн}}' \cdot 10^3$, кг	0,13 8	0,13 1	0,12 3	0,10 3	0,18 5	0,17 0	0,17 5	0,18 0	0,12 8	0,247
$m_{\text{немагн}}' \cdot 10^3$, кг	7,85 5	7,75 8	8,05	8,22 6	7,48 0	8,37 8	8,35 7	8,58 0	8,54 7	8,443
%	84	83	85	87	77	75	75	80	82	75

Из полученных данных можем сделать вывод, что единственным существенным параметром, влияющим на эффективность извлечения, являлся угол наклона.

4.2.2 Исследование зависимости действия магнитного поля на магнитную фракцию с изменением расстояния и толщины пластины

Целью следующего эксперимента было определить расстояние зоны действия магнитного поля на магнетитовые частицы с удержанием на поверхности пластин разной толщины. Из ЗШМ многоступенчатой магнитной

перечисткой, была выделена магнитная фракция массой $2 \pm 0,1$ (рисунок 3). Далее, магнетитовые частицы захватывались с помощью неодимового магнита и пластиковой пластиной между ними. В ходе эксперимента, магнит поднимался вверх, а пластина с магнитной фракцией оставалась неподвижной, в результате чего, на определенной высоте действие магнитного поля ослабевало, и частицы падали вниз. На каждом интервале упавшая масса магнитных частиц взвешивалась. В таблице 3 приведены данные, полученные в ходе эксперимента, где m – масса магнитной фракции, оторвавшаяся от магнитного поля.

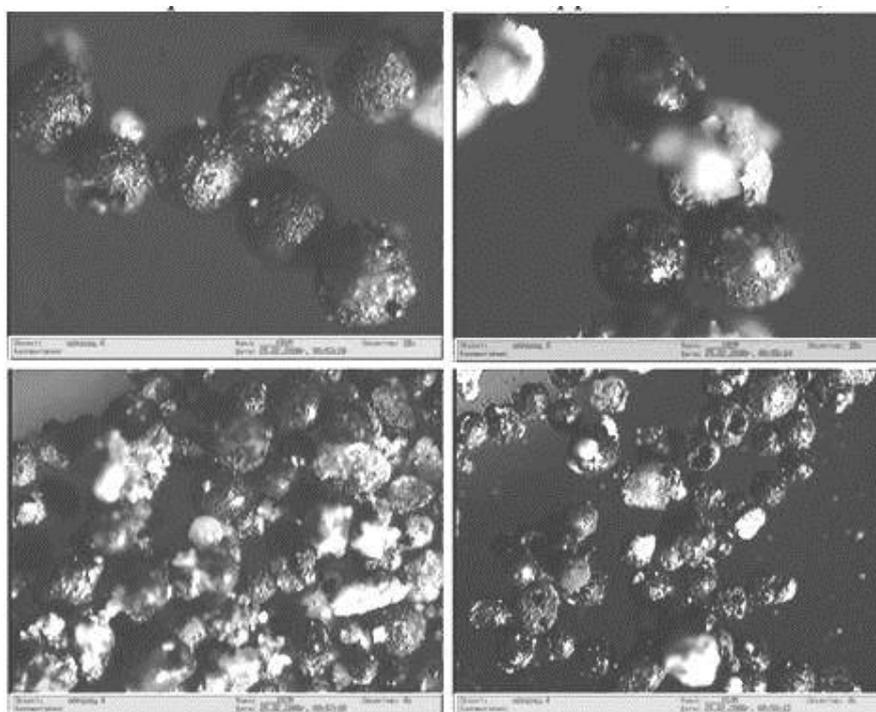


Рисунок 4.2 — Магнетитовые частицы, выделенные с помощью неодимового магнита (средний размер сферических частиц 40 мкм)

Таблица 4.3 — Исследование зависимости увеличения расстояния от неодимового магнита до магнитной фракции

Расстояние от магнита до пластины $h \cdot 10^3$, м	Оторвавшаяся масса $m \cdot 10^3$, кг	
	Толщина пластины $b \cdot 10^3$, м	
	1	5
10	0	0

Продолжение таблицы 4.3

20	0,010	0,010
30	0,010	0,015
40	0,015	0,015
50	0,190	1,200
55	1,300	1,860
60	1,910	1,985
65	1,970	2,000
70	1,990	
75	1,995	
80	2,000	

По полученным данным, в программе WolframAlpha была произведена аппроксимация полиномом, и построены графики функций (рисунок 4,5).

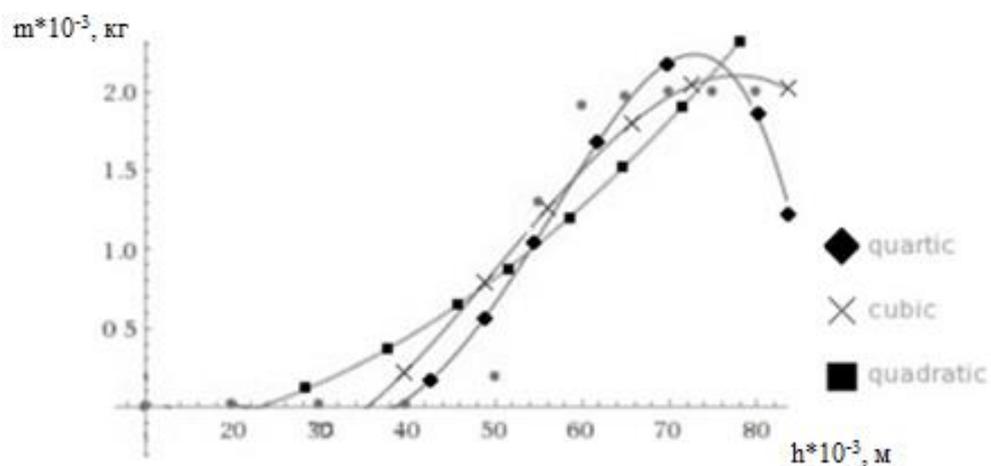


Рисунок 4.3 — График функции по экспериментальным данным с толщиной пластины 1 мм

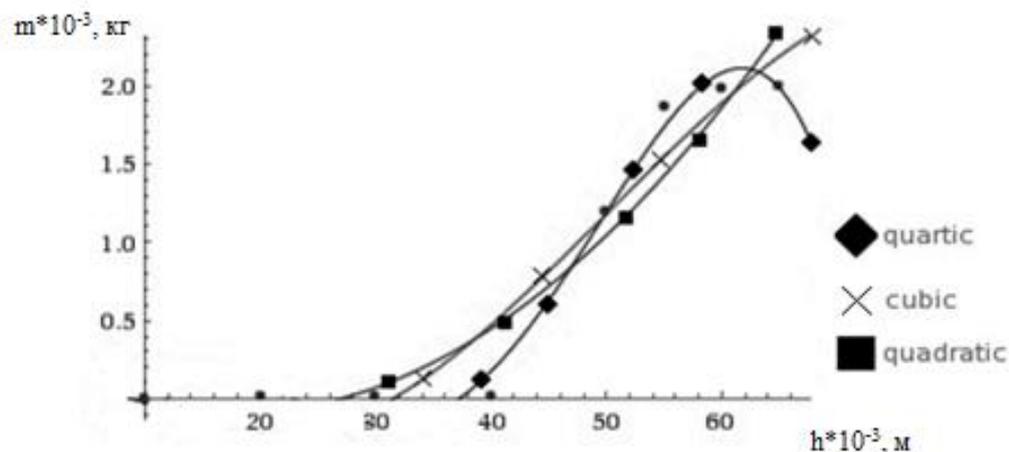


Рисунок 4.4 — График функции по экспериментальным данным с толщиной пластины 5 мм

На графиках видно, что толщина пластины влияет на силу магнитного поля оказывающего свое воздействие на магнитные частицы.

Делая выводы, можем сказать, что эффективными параметрами проектируемого магнитного сепаратора, при извлечении магнетита из ЗШМ, будут являться: угол наклона - 10° , расстояние от пластины до магнита - $5 \cdot 10^{-3}$ м, толщина пластины - $4 \cdot 10^{-3}$ м.

Таким образом, полученные результаты лягут в основу для дальнейшего проектирования и сборки магнитного сепаратора на постоянных магнитах для извлечения магнитной фракции из золы.

4.2 Проектный расчет сепаратора

4.2.1 Определение сил действующих на магнитную фракцию

Весь проектный расчет проекта проводился в среде Wolfram Mathematica.

Проведем расчет для магнита марки N42 с напряженностью магнитного поля $1,28 \text{ Тл} = 1024 \text{ кА/м}$. Выбор магнита обусловлен его высокими магнитными свойствами и экономичностью. Возьмем условный радиус барабан $R=1.5\text{м}$ и длину барабана $L=0.3\text{м}$.

Дано:

$\rho = 2400$ – плотность золы, кг/м³;

$r = 1,8 \cdot 10^{-4}$ – радиус частиц, м;

$n = 60$ – число оборотов, об/мин;

$R = 0,15$ – радиус барабана, м;

$\chi = 8,8 \cdot 10^{-4}$ – магнитная восприимчивость золы, м³/кг;

$H = 1024 \cdot 10^3$ – напряженность магнитного поля, А/м;

$S = 0,05$ – шаг полюсов, м;

$L = 0,3$ – длина барабана, м;

$n_1 = 1$ – количество барабанов;

$v = 1$ – скорость перемещения слоя материала, м/с;

$d_1 = 2$ – наибольший диаметр частиц, мм;

$d_2 = 0,04$ – наименьший диаметр частиц, мм;

$a = 1,5$ – эмпирический коэффициент, зависящий от крупности питания;

$b = 1$ – коэффициент зависящий от соотношения между количеством барабанов, используемых для перемещения хвостов, и числом основных барабанов;

Решение:

Для выбора магнита, необходимо понимание того, какие силы будут действовать на магнитный материал, и какой магнитной силы будет достаточно для выполнения процесса сепарации. Магнитная сила действующая на частицу определяется по формуле:

$$F_{\text{магн}} = V * c * \chi * H * \text{grad}H = V * c * \chi * H^2 \quad (1)$$

V – объем частиц, м³;

χ – магнитная восприимчивость золы, м³/кг;

H – напряженность магнитного поля магнетита, А/м;

Для определения градиента напряженности магнитного поля, необходимы экспериментальные данные проведенные на магнитном сепараторе. Ссылаясь на учебное пособие В.В. Карамзина «Магнитные и электрические методы обогащения», принимаем $\text{grad}H = H$.

Для определения сил действующих на магнитную частицу, схематично обозначим векторные силы и выведем формулу силы сопротивления магнитного притяжения.

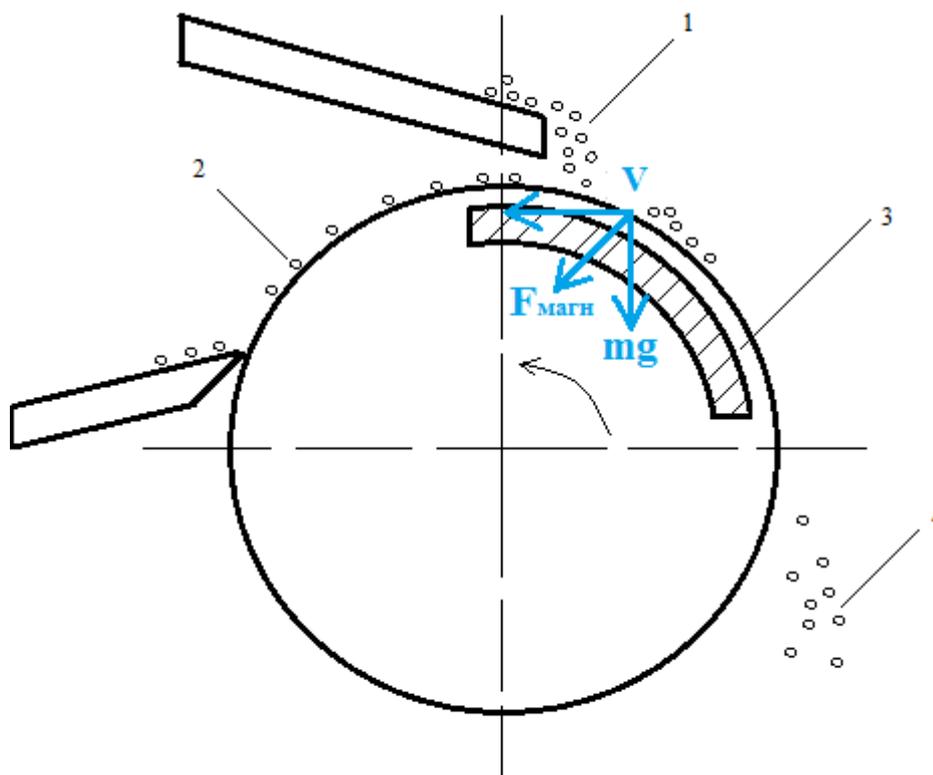


Рисунок 4.5 — Схема магнитной сепарации: 1 – пульпа; 2 – магнитная фракция; 3 – зона распределения магнита; 4 – немагнитная фракция;

Получим, что

$$F_{\text{сопр}} = m * g \quad (2)$$

где,

m – масса частицы, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

Далее проводится ход решения, определение действующих сил и производительности.

Для определения магнитной силы, действующую на частицы, найдем средний объем частицы

$$V = \frac{4}{3} \pi * r^3 = \frac{4}{3} * 3.14 * (1,8 * 10^{-4})^3 = 2.443 * 10^{-11} \text{ м}^3 \quad (3)$$

Определяем магнитную силу действующую на частицу

$$F_{\text{магн}} = V * \chi * H^2 = 2.443 * 10^{-11} * 8,8 * 10^{-4} * 1024 * 10^3 = 0.023 \quad (4)$$

Определяем силы сопротивления действующие на частицу, для этого найдем среднюю массу частицы и угловую скорость.

$$m = \rho * V = 2400 * 2.443 * 10^{-11} = 5.863 * 10^{-8} \text{ кг} \quad (5)$$

$$\omega = \frac{3.14 * n}{30} = \frac{3.14 * 60}{30} = 6.28 \text{ рад/с} \quad (6)$$

Получим, что

$$F_{\text{сопр}} = m * g = 5.863 * 10^{-8} * 9.8 = 5.746 * 10^{-7} \text{ Н} \quad (7)$$

Найдем отношение магнитной силы и силы сопротивления

$$F_{\text{магн}}/F_{\text{сопр}} = \frac{0.023}{5.746 * 10^{-7}} = 39232.43 \quad (8)$$

Видно, что сила притяжения частицы магнитом во много раз превышает силу сопротивления, поэтому магнитные частицы будут улавливаться магнитной системой.

Производительность сепаратора для разделения сильномагнитных руд может быть ориентировочно посчитана по формуле:

$$Q = 0.82 * n * (L - 0.1) * v * \rho * ((d2 - d1)/\text{Log}[d2/d1]) * a * b = 7.6 \text{ т/ч} \quad (9)$$

4.2.1 Конструкция барабана

Барабан состоит из внешней нержавеющей обечайки и магнитного сердечника, оснащенного ферритовыми магнитами. Данные магниты создают на поверхности барабана требуемое магнитное поле, благодаря которому, металлические частицы улавливаются и выносятся за ось барабана. За счет прекращения действия магнитного поля происходит размагничивание частиц, и металлы собираются с помощью скребка.

Отбойная пластина изготавливается из нержавеющей стали (08X13), посредством нагрева и придания округлой формы.

4.2.2 Выбор электродвигателя

От проектируемого сепаратора требуется производительность 20кг/ч.

Мощность двигателя определяем по формуле

$$P = T_{кр} * \omega, \text{ Вт} \quad (10)$$

$T_{кр}$ – крутящий момент, Н/м;

ω – угловая скорость, 1/с;

Для определения крутящего момента, возьмем ориентировочный вес барабана 15кг, тогда

$$T_{кр} = r * mg = 0,3 * 15 = 4,5 \text{ Н/м} \quad (11)$$

r – действующее плечо, м;

m – масса барабана, кг;

Угловую скорость находим по формуле

$$\omega = \frac{\pi * n}{30} = \frac{3,14 * 60}{30} = 6,28 \text{ 1/с} \quad (12)$$

n – число оборотов барабана, об/мин;

Тогда

$$P = T_{кр} * \omega = 4,5 * 6,28 = 28,26 \text{ Вт} \quad (13)$$

Выбираем асинхронный мотор-редуктор 51К – 40Вт.

Характеристики электродвигателя:

- Мощность - 40 Вт;
- Напряженность питания – 1 фаза 220В 50Гц;
- Номинальная скорость вращения: 1250 об/мин;
- Номинальный крутящий момент – 315 мН*м;

Характеристики мотор-редуктора:

- Передаточное число редуктора – 25;
- Скорость вращения – 60 об/мин;
- Крутящий момент – 5,7 Н*м;

4.3 Расчет шнекового транспортера

Выбор типа транспортирующей машины – конвейер зависит от свойств перемещаемых грузов, заданной производительности, схемы и размеров трассы транспортирования. Расчет шнекового конвейера состоит в определении его основных параметров; выборе и расчете рабочего органа, определении мощности и выборе двигателя.

Дано:

$d_1 = 0.002$ – наибольший диаметр частиц, м;

$d_2 = 0.004$ – наименьший диаметр частиц, м;

$Q_k = 7$ – производительность, т/ч;

$E = 1$ – отношение шага винта к диаметру;

$n_v = 20$ – частота вращения винта, об/мин ;

$\rho = 1.6$ – насыпная плотность груза, т/м³;

$\beta = 20$ – угол наклона конвейера;

$R_\beta = 0.6$ – коэффициент уменьшения производительности от наклона конвейера;

$\varphi = 0.32$ – коэффициент заполнения желоба;

$A = 50$;

$\omega = 1.6$ – коэффициент сопротивления перемещению груза;

$a_{\max} = 2$ наибольший размер кусков, мм;

$k = 4$ – коэффициент;

$K = 0.2$ – коэффициент, учитывающий характер перемещения винта;

$\omega_v = 0.16$ – коэффициент сопротивления движению вращающихся частей конвейера, для подшипников скольжения;

$L = 0.5$ – длина вала, м;

$K = 1.25$ – коэффициент запаса мощности;

$\eta = 0.7$ – КПД привода.

Решение:

Определяем коэффициент однородности размеров частиц

$$R_0 = \frac{d_1}{d_2} = \frac{0.002}{0.0004} = 5 \quad (14)$$

При $R_0 > 2.5$ груз считается рядовым. Размер типичного куска принимается равным (для рядового материала при концентрации наибольших кусков менее 10%):

$$d' = 0.8 * d_1 = 0.8 * 0.002 = 0.0016 \text{ мм} \quad (15)$$

Таблица 4.5 — Характеристика транспортируемого материала

Наименование груза	Насыпная плотность	Угол естественного откоса, град , в покое	в движении	Группа абразивность
Зола влажная	1.2-1.8	45	35	В

Значение d' попадает в пределы крупнозернистых размеров $10 \text{ мм} \geq d' > 2 \text{ мм}$.

Основными исходными данными для расчета конвейеров являются :

- а) характеристика транспортируемого материала;
- б) производительность;
- в) режим и условия работы;
- г) параметры трассы перемещения груза.

4.3.1 Определение диаметра винта

Необходимый диаметр винта определяется по формуле

$$d_B = 0.275 * \frac{Q_k}{E * n_B * \varphi * \rho_H * R_\beta} = 0.275 * \frac{7}{1 * 20 * 0.32 * 1.6 * 0.6} = 0.115 \text{ м} \quad (16)$$

Частоту вращения проверяем по формуле: $n \leq n_{\max}$, при этом n_{\max} рассчитывается по уравнению:

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{d_B}} = \frac{50}{\sqrt{0.115}} = 147.274 \text{ об/ми} \quad (17)$$

Следовательно, частота выбрана допустимая. Далее проверяем диаметр винта по формуле:

$$d_B \geq a_{\max} * k = 2 * 4 = 8 \text{ мм} \quad (18)$$

Условие выполняется.

Далее, из стандартного ряда по таблице 6.1. выбираем диаметр $D = 125$ мм и шаг $S = 125$ мм винта.

Затем уточняем частоту оборотов:

$$n = 0.275 * \frac{Q_k}{E * d_B * \varphi * \rho_H * R_\beta} = 0.275 * \frac{7}{1 * 0.125 * 0.32 * 1.6 * 0.6} = 18.442 \text{ об/мин} \quad (19)$$

Проверяем частоту на условие:

$$n \leq \frac{A}{\sqrt{d_B}} = \frac{50}{\sqrt{0.115}} = 147.274 \text{ об/мин} \quad (20)$$

Условие выполняется.

Таким образом, $n = 18.44$ об/мин - допустимая частота вращения винта.

4.3.2 Определение мощности на валу винта

Найдем горизонтальную проекцию длины конвейера и высоты подъема

$$L_r = L * \cos 20 = 0.204 \text{ м} \quad (21)$$

$$H = L * \sin 20 = 0.456 \text{ м} \quad (22)$$

$$g_k = 80 * d_B = 10 \text{ кг/м} \quad (23)$$

Мощность на валу винта определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{Q}{367} (L_r * \omega + H) + 0.02 * R * g_k * L_r * \omega_B = \frac{7}{367} (0.204 * 1.6 + 0.456) + 0.02 * 0.6 * 10 * 0.204 * 0.456 = 0.038 \text{ кВт} \quad (24)$$

Осевая скорость движения груза

$$v = S * n = 0.125 * 18.4 = 2.3 \frac{\text{м}}{\text{мин}} = 0.03 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (25)$$

4.3.3 Определение мощности двигателя для привода шнекового конвейера

Мощность двигателя определяется:

$$N = \frac{K \cdot N_0}{\eta} = \frac{1.25 \cdot 0.038}{0.7} = 0.068 \text{ кВт} \quad (26)$$

Параметры рассчитанного конвейера:

Производительность конвейера - 800 т/сутки (7т/ч);

число подшипниковых опор - 2);

длина конвейера - 352 мм;

диаметр винта - 125 мм;

шаг винта - 125 мм;

частота вращения винта - 18.44 об/мин;

осевая скорость движения груза - 0.03 м/с;

высота подъема - 456 мм;

мощность на валу винта - 0.03 кВт;

требуемая мощность приводного двигателя - 0.068 кВт;

характер работы конвейера – круглосуточно.

5 Результаты проведенного исследования

Для проектирования магнитного сепаратора, в данной работе были проведены исследования, в результате которых, определены эффективные параметры, такие как: расстояние от отбойной пластины до магнита, толщина отбойной пластины, угол наклона. Серия экспериментов показала, что наибольшая степень извлечения магнитной фракции из золошлаковых материалов осуществляется при следующих параметрах: расстояние от отбойной пластины до магнита $h = 5\text{мм}$, толщина отбойной пластины $b = 4\text{мм}$, угол наклона $\alpha = 10^\circ$. Эффективность извлечения магнитной фракции, при комбинации данных параметров, составила 87%, что является наилучшим показателем в сериях данного эксперимента.

Кроме того, была построена зависимость удержания магнитной фракции магнитным полем, при различном расстоянии от магнита до магнитных частиц, с двумя пластинами разной толщины. С пластиной толщиной 1мм, магнитное поле прекращало свое влияние на магнитную фракцию при расстоянии $80\pm 1\text{мм}$, а с пластиной толщиной 5мм, при расстоянии $65\pm 1\text{мм}$.

Полученные данные, в результате экспериментов, легли в основу для проектирования магнитного сепаратора для извлечения магнитной фракции из золошлаковых материалов.

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Исследования в области совершенствования технологии процессов переработки золошлаковых отходов, являются одним из важнейших направлений экологии и ресурсоэффективности. К примеру, В России, золоотвалы ежегодно пополняются на 30млн. тонн, и их переработка с каждым годом становится более актуальной [3]. Это свидетельствует о том, что задачи эффективного потребления ресурсов всегда являлись достаточно актуальными. Технологический процесс всегда сопровождается потреблением тех или иных ресурсов: будь то материальные, энергетические, или трудовые. Стратегический менеджмент предусматривает разработку и следование стратегии эффективного использования ресурсов.

В настоящее время перспективность всех научных разработок диктуется исключительно их коммерческой ценностью, опираясь на которую авторы исследования получают соответствующее финансирование на дальнейшие разработки.

Создание новых технологий переработки золошлаковых отходов с учетом особенностей их составов – актуальная задача, решение которой позволит улучшить качество, расширить ассортимент продуктов, в том числе получаемых и используемых непосредственно на промыслах.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

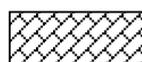
6.1 Предпроектный анализ

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [1]. На рисунке 1 представлена карта сегментирования рынка

Таблица 6.1 — Карта сегментирования рынка товара магнетита

Размер компании	Вид продукции
	Магнитная фракция (магнетит)
Крупные	
Средние	



– ПАО Мечел, г. Челябинск



– Герон, г. Томск

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Чтобы оценить эффективность научной разработки и определить направление ее дальнейшего развития, необходимо определить её положение на рынке конкурентных технических решений

Для анализа конкурентных технических решений использовалась оценочная карта с различными критериями сравнения

Таблица 6.1 — Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}

Продолжение таблицы 6.1

Технические критерии оценки ресурсоэффективности								
Повышение производительности труда пользователя	0,05	4	5	1	0,20	0,25	0,05	
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3	
Надежность	0,05	4	4	1	0,2	0,2	0,05	
Безопасность	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05	
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	5	1	0,20	0,25	0,05	
Экономические критерии оценки эффективности								
Конкурентоспособность продукта	0,3	4	5	1	1,2	1,5	0,3	
Уровень проникновения на рынок	0,1	4	3	2	0,4	0,3	0,2	
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	1	0,25	0,25	0,05	
Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1	
Финансирование научной разработки	0,04	3	4	1	0,12	0,16	0,04	
Срок выхода на рынок	0,2	4	4	1	0,8	0,8	0,2	
Итого	1	46	48	19	4,07	4,36	1,39	

Позиция разработки и конкурентов оценивалась по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i \quad (27)$$

где

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

6.1.3 Диаграмма Исикавы

С целью установления причинно-следственных связей, возникающих в ходе выполнения моделирования схемы ректификации Петлюка,

сформирована диаграмма Исикавы. Основными факторами, влияющими на объект исследования, являются методы, оборудование и исполнитель. На рисунке 9 представлена причинно-следственная диаграмма.



Рисунок 6.2 — Причинно-следственная диаграмма

Анализируя факторы, влияющие на реализацию поставленной задачи, можно принять следующие меры по оптимизации выполнения работы. Для фактора «оборудование» можно увеличить КПД, за счет улучшения модельной установки. Для фактора «методы» вариантом решения проблемы является накопление и анализ данных на основе проведения собственных опытов и расчетов. Для фактора «магистрант» предлагается выполнять поэтапное моделирование и проведение экспериментов.

6.1.4 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

Таблица 6.2 — Оценка 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	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	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	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	2	2
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2

Продолжение таблицы 6.2

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	4	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	45	39

Согласно данным таблицы 2 суммарное количество баллов по категории степень проработанности научного проекта составляет 45, что указывает на готовность проекта к коммерциализации с перспективой выше среднего (45-59 баллов). В свою очередь уровень имеющихся знаний у разработчика находится в диапазоне 44-30, что говорит о перспективе ниже среднего уровня.

Таким образом, реализация данного проекта вероятна и требует партнерского участия и инвестирования со стороны научно-исследовательских объединений, промышленных организаций. Развить компетенцию разработчика в сфере коммерциализации проекта (в данном случае магистранта) возможно путем более полного и подробного ознакомления с предыдущими и действующими проектами.

6.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для обеспечения коммерческой отдачи от реализации проекта возможно применение таких методов коммерциализации научных разработок, как торговля патентными лицензиями, передача ноу-хау, инжиниринг,

франчайзинг, организация собственного предприятия и т.д. Для коммерциализации данной математической модели актуален метод инжиниринга по следующим причинам.

Разработанный проект планируется коммерциализировать инжиниринговым методом. Данный способ выбран с учетом уже имеющегося заказчика, с которым заключен договор, где разработанная установка Магнитный сепаратор будет являться частью проектируемого предприятия.

6.2 Инициация проекта

Заинтересованной стороной проекта выступает корпорация Росатом, которая также является заказчиком проекта по переработке золошлаковых материалов в г.Северск, где данный проект будет включен в технологическую схему по переработке ЗШМ и реализован на этапе запуска предприятия.

Таблица 6.3 — Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Государственная корпорация «Росатом»	Предоставление технического решения по выделению магнитной фракции из золошлаковой пульпы
Научное объединение кафедры (студенты, преподаватели)	1) Освоение принципиально новой (для научной группы) области исследования и моделирования 2) Коммерческое продвижение проекта 3) Развитие и укрепление связей с отраслью промышленности (производственные компании, заводы) в области совместных научных разработок.
Университет, к которому относится научное объединение	Продвижение статуса учебного заведения, повышение научного престижа
Научные объединения сторонние (конкурирующие)	Опасения в связи с появлением конкурентоспособного проекта

Таблица 6.4 — Цели и результат проекта

Цели проекта:	Спроектировать магнитный сепаратор для выделения магнитной фракции из золошлаковой пульпы
Ожидаемые результаты проекта:	Предоставление технического решения по выделению магнитной фракции из золошлаковой пульпы
Критерии приемки результата проекта:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Экономическая целесообразность проекта 2. Эффективность работы установки 3. Экологичность и безопасность 4. Удобство монтажа и обслуживания 5. Срок эксплуатации
Требования к результату проекта:	Максимальное соответствие критериям приемки результата проекта

Таблица 6.5 — Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Тихонов Виктор Владимирович	Руководитель проекта	Координация проекта, консультирование	450
2	Гимаев Богдан Дамирович	Исполнитель по проекту	Изучение литературных данных, выполнение экспериментальной и исследовательской работы, анализ данных	2864

Таблица 6.6 — Ограничения и допущения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	100 000 р.
Источники финансирования	Заказчик «Государственная корпорация Росатом»

Продолжение таблицы 6.6

Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	5.09.15
Дата завершения проекта	9.06.17

6.3 Планирование управления научно-техническим проектом

6.3.1 Контрольные события проекта

Таблица 6.7 — Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Анализ литературы	21.09.15	Выбор модели сепаратора
2	Проведение экспериментов	17.02.16	Получены экспериментальные данные
3	Проектирование сепаратора	3.02.17	Сделан проект магнитного сепаратора

6.3.2 Бюджет научного исследования

Выполнение научных исследований влечет за собой ряд материальных затрат для обеспечения эффективной и комфортной работы.

Таблица 6.8 — Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб	Сумма, руб
Тетрадь	2 шт	25	50
Ручка	6 шт	20	120
Карандаш	2 шт	12	24
Бумага	1 шт	300	300
Скотч	1 шт	50	50
Сверла	1 шт	350	350

Продолжение таблицы 6.8

Поликарбонат 500мм х 500мм	1 шт	850	850
Ножницы	1 шт	70	70
Редуктор ручного действия	1 шт	1800	1800
Всего за материалы			2764
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			53
Итого по статье			2817

Таблица 6.9 — Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнитель по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зароботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс.руб.
1	Руководитель	20	1,19	23,8
2	Магистрант	160	0,36	57,6

Статья расчета заработной платы включает в себя основную заработную плату работников и дополнительную.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (28)$$

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

$Z_{доп}$ — дополнительная заработная плата.

В свою очередь основная заработная плата определяется как:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (29)$$

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

$T_{раб}$ — продолжительность работ, выполняемых научно

— техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{дн}$ — среднедневная заработная плата работника, руб.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (30)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года;

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5 – дн. неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6 – дн. неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно

– технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (31)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – приемлимый коэффициент;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент.

Таблица 6.10 — Баланс рабочего времени за два года

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	730	730
Количество нерабочих дней		
-выходные дни	97	97
- праздничные дни	26	26
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	48
-невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	424	424

Таблица 6.11 — Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{б,}$ руб.	k_p	$Z_{м,}$ руб.	$Z_{дн,}$ руб.	$T_{раб,}$ раб. дн.	$Z_{осн,}$ руб.
Руководитель	36 800	1,3	47 840	1 173	36	248 676
Магистрант	11 000	1,3	14 343	352	42	74 624

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (32)$$

где $Z_{доп}$ — дополнительная заработная плата, руб;

$k_{доп}$ — коэффициент дополнительной зарплаты;

Таблица 6.12 — Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	195 485	74 624
Дополнительная зарплата	28 355	11 193
Итого по статье $C_{зп}$	163 840	85 817

Отчисления на социальные нужды во внебюджетные фонды:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (33)$$

$k_{внеб}$ — коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%. Стипендиальные выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом.

Отчисления на социальные нужды составляют 76 687 руб.

Научные и производственные командировки ($C_{\text{ком}}$) составляют 10% $C_{\text{зн}}$ исполнителей проекта и равны 52 428 руб.

Общие затраты за два года реализации проекта с учетом всех вышеупомянутых пунктов составили 704 264 руб.

6.3.3 Организационная структура проекта

Исходя из рекомендаций [1] выбран проектный вариант организационной структуры проекта.



Рисунок 6.2 — Проектная структура проекта

Таблица 6.13 — Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии отбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Средняя	Новая
Сложность проект	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая

Продолжение таблицы 6.13

Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

6.3.4 Матрица ответственности

С целью распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности (таблица 13).

Таблица 6.14 — Матрица ответственности

Этапы проекта	Роль/должность	Роль/должность
Формирование актуальной проблемы	И	О
Выбор методики решения	С	И
Литературный обзор	С	И
Проведение расчетов	С	И
Анализ полученных данных	С	И
Структурирование и оформление результатов	С	И

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

6.3.5 План управления коммуникациями проекта

Таблица 6.15 — План управления коммуникациями проекта

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передается информация
1	Статус проекта	Руководитель проекта	Представителю заказчика	Ежеквартально (первая декада)
2	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Участникам проекта	Еженедельно (пятница)
3	Документы и информация по проекту	Руководитель проекта	Руководителю проекта	Не позже сроков графиков и к. точек
4	О выполнении контрольной точки	Исполнитель проекта	Руководителю проекта	Не позже контрольного события по плану управления

6.3.6 Реестр рисков проекта

Таблица 6.16 — Реестр рисков проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неактуальность исследования	Закрытие проекта	2	5	Низкий	Расширить зону использования проекта	Неактуальность проекта
2	Выход из проекта его участников	Задержки в сроках завершения проекта	1	3	Низкий	Набор в проект заинтересованных людей	Смена деятельности, болезнь

Продолжение таблицы 6.16

3	Неэффективность технологий и	Изменение планов проекта	2	4	Низкий	Моделирование технологии	Неправильное планирование проекта
---	------------------------------	--------------------------	---	---	--------	--------------------------	-----------------------------------

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические

6.4.1 Оценка абсолютной 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (34)$$

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

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 6.17 — Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя		0,25	5	5	3
2. Удобство в эксплуатации		0,20	4	5	3
3. Энергосбережение		0,20	5	5	4
4. Надежность		0,20	5	5	3
6. Материалоемкость		0,15	5	5	5
ИТОГО		1			

$$I_{p.-\text{тек.пр.}} = 0,25 * 5 + 0,20 * 4 + 0,20 * 5 + 0,20 * 5 + 0,15 * 5 = 4,8$$

$$I_{p.-\text{аналог 1}} = 0,25 * 5 + 0,20 * 5 + 0,20 * 5 + 0,20 * 5 + 0,15 * 5 = 5,0$$

$$I_{p.-\text{аналог 2}} = 0,25 * 3 + 0,20 * 3 + 0,20 * 4 + 0,20 * 3 + 0,15 * 5 = 3,5$$

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Сравнение значений интегральных показателей ресурсоэффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в магистерской

диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1 или 2.

6.4.2 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:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (35)$$

где

I_{Φ}^p - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} - стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} - максимальная стоимость исполнения научноисследовательского проекта.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля), в том числе и для аналогов 1 и 2.

Таблица 6.18 — Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	5	3

Продолжение таблицы 6.18

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,20	5	5	4
4. Энергосбережение	0,20	5	5	3
5. Надежность	0,20	5	5	3
6. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1			

В результате проведенной работы была спроектирована и создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям производства.

7 Социальная ответственность

Предметом изучения выполненной диссертационной работы был анализ энергоэффективности магнитного сепаратора. В работе было проведено проектирование магнитного сепаратора. Диссертация выполнена с использованием системы AutoCad и пакета программ Microsoft Office.

В данном разделе рассматриваются условия труда при обслуживании объекта моего исследования – магнитного сепаратора. Цель данного раздела: проанализировать опасные и вредные факторы при данном виде организационной деятельности и решить вопросы обеспечения защиты от них на основе требований действующих нормативно-технических документов.

7.1 Производственная безопасность

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [1]:

Таблица 7.1 — Опасные и вредные факторы при выполнении работ по обслуживанию магнитного сепаратора

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) регулирование расходов; 2) сбор данных с приборов учета; 3) обследование сепаратора на предмет выявления повреждений; 4) техническое обслуживание.	1. Шум (повышенный уровень); 2. Вибрация; 3. Освещение.	1. Пожарная безопасность оборудования; 2. Электробезопасность.	ГОСТ 12.1.004-91 [6]; ГОСТ 12.1.005-88 [7]; СанПиН 2.2.4.548-96 [16]; СНиП 2.04.05-91 [17]; СНиП 23-05-95[19]; ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ.

7.1.1 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

Электрический ток. Специфическая опасность электроустановок – токоведущие проводники оборудования, оказавшегося под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких-либо сигналов, которые предупреждают человека об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании последнего через тело человека.

Электрический ток представляет собой скрытый тип опасности, т.к. его трудно определить в токо- и нетоковедущих частях оборудования, которые являются хорошими проводниками электричества. Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А – безопасен (до 1000 В) [9].

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация работ, т.е. соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок потребителей [8] и правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок [9] и правил устройства электроустановок.

В целях предотвращения электротравм следует соблюдать требования, предъявляемые к обеспечению электробезопасности работающих в производственных условиях: [22].

1. Конструкция производственного оборудования, приводимого в действие электрической энергией, должна включать устройства (средства) для обеспечения электробезопасности.

2. Технические средства и способы обеспечения электробезопасности (например ограждение, заземление, зануление, изоляция токоведущих частей, защитное отключение и др.) должны устанавливаться в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок) с учетом условий эксплуатации и характеристик источников электрической энергии.

3. Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.

4. Производственное оборудование, действующее с помощью неэлектрической энергии (например гидравлической, пневматической, энергии пара), должно быть выполнено так, чтобы все опасности, вызываемые этими видами энергии, были исключены.

Пожарная безопасность

Предотвращение образования взрывоопасной среды внутри технологического оборудования должно быть обеспечено [23]:

- герметизацией технологического оборудования;
- поддержанием состава и параметров среды вне области их воспламенения;
- конструктивными и технологическими решениями, принятыми при проектировании производственного оборудования и процессов.

Предотвращение возникновения источника инициирования взрыва должно быть обеспечено:

- регламентацией огневых работ;

7.1.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны. Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса. Недостаточная освещенность способствует возрастанию нагрузки на органы зрения и приводит к утомляемости организма. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное сочетание общего и местного освещения.

Естественное освещение должно удовлетворять СНиП II-4-79. Нормы естественного освещения установлены с учетом обязательной регулярной очистки стекол световых проемов не реже двух раз в год (для помещений с незначительным выделением пыли, дыма и копоти). Учитывая, что солнечный свет оказывает благоприятное воздействие на организм человека, необходимо максимально продолжительно использовать естественное освещение.

В соответствии с характером выполняемых работ, освещенность рабочего места по СНиП II-4-79 должна быть 200 Лк – общая освещенность и 300 лк — комбинированное освещение. Используются универсальные люминесцентные лампы, марки LW/25.

2. Шум. Источниками шума у магнитного сепаратора является привод, и детали, которые вращаются под действием привода.

Длительное воздействие шума снижает остроту слуха и зрения, повышает кровяное давление, утомляет центральную нервную систему, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях рабочего, снижается производительность труда. Воздействие шума приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться причиной несчастного случая.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания с частотой 16–20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое воздействие на организм. Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003 - 83* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СН 2.2.4/2.1 .8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий».

Для снижения шума в помещениях проводятся следующие основные мероприятия:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- звукопоглощение и звукоизоляция;
- установка глушителей шума;

- рациональное размещение оборудования.

3. Вибрация.

В проектируемом магнитном сепараторе, источником вибрации является мотор редуктор мощностью 0.068 кВт и частотой вращения 18.44 об/мин.

Восприятие вибрации зависит от частоты колебаний, их силы и размаха - амплитуды. Частота вибрации, как и частота звука, измеряется в герцах, энергия - в килограммометрах, а амплитуда колебаний - в миллиметрах. За последние годы установлено, что вибрация, как и шум, действует на организм человека энергетически, поэтому ее стали характеризовать спектром по колебательной скорости, измеряемой в сантиметрах в секунду или как и шум, в децибелах; за пороговую величину вибрации условно принята скорость в 5×10^{-6} см/сек. Вибрация воспринимается (ощущается) лишь при непосредственном соприкосновении с вибрирующим телом или через другие твердые тела, соприкасающиеся с ним. При соприкосновении с источником колебаний, генерирующим (издающим) звуки наиболее низких частот (басовые), наряду со звуком воспринимается и сотрясение, то есть вибрация.

В зависимости от того, на какие части тела человека распространяются механические колебания, различают местную и общую вибрацию. При местной вибрации сотрясению подвергается лишь та часть тела, которая непосредственно соприкасается с вибрирующей поверхностью, чаще всего руки (при работе с ручными вибрирующими инструментами или при удержании вибрирующего предмета, детали машины и т. п.). Иногда местная вибрация передается на части тела, сочлененные с подвергающимися непосредственно вибрации суставами. Однако амплитуда колебаний этих частей тела обычно ниже, так как по мере передачи колебаний по тканям, и тем . более мягким, они постепенно затухают. Общая вибрация распространяется на все тело и происходит, как правило, от вибрации поверхности, на которой находится рабочий (пол, сиденье, виброплатформа и т. п.).

Развитие вибрационной болезни и других неблагоприятных явлений зависит в основном от спектрального состава вибрации: чем выше частота вибрации и чем больше амплитуда и скорости колебаний, тем большую опасность представляет вибрация в отношении сроков развития и тяжести вибрационной болезни.

Способствуют развитию вибрационной болезни охлаждение тела, главным образом тех его частей, которые подвержены вибрации, мышечные напряжения, особенно статическое, шум и другие.

Поскольку воздействие вибрации на человека довольно негативно, на производствах применяются специальные средства защиты рабочих. К таким средствам защиты можно отнести всякого рода оградительные устройства, виброгасящие, виброизолирующие и вибропоглощающие устройства, приборы автоматического контроля, дистанционного управления и сигнализации.

7.2 Экологическая безопасность (Охрана окружающей среды)

Работа установки магнитной сепарации предусматривает следующие выбросы:

Таблица 7.2 — Перечень выбросов установки магнитного сепаратора

№ п/п	Наименование Сброса	Кол-во образования выбросов т/год	Метод ликвидации, утилизации	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в выбросах (мг/л)	Примечание
ЖИДКИЕ ОТХОДЫ						
1	Вода с примесями ЗШМ в золоотвал	до 120 м ³ /сутки	На очистные сооружения установки	Постоянно	350 мг/л пульпы	По трубам в золоотвал

Продолжение таблицы 7.2

ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ						
2	Промасляная ветошь	0,174 т/год			IV класс опасности	Вывоз и утилизацию осуществляет компания «Ведущая утилизирующая компания»
3	Масла автомобильные отработанные	0,243 т/год			III класс опасности	Использовать повторно в качестве добавок
4	Масла компрессорные отработанные	1,52 т/год			III класс опасности	
5	Мусор от бытовых помещений организаций несортированный	5,4 т/год	Вывоз на свалку		IV класс опасности	Металлический контейнер с крышкой
6	Отходы от жилищ несортированные	9,9 т/год	Вывоз на свалку		IV класс опасности	Металлический контейнер

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Таблица 7.3 — Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможные неполадки	Причины возникновения неполадок	Способы устранения неполадок
1. Поломка деталей магнитного сепаратора или двигателя.	Износ деталей.	Замена оборудования, капитальный ремонт.
2. Сбой подачи сырья	Отключение электроэнергии	Возобновление электроснабжения

Типичной ЧС для объекта является пожар;

Чрезвычайная ситуация может возникнуть в следующих случаях:

- короткое замыкание в цепи;
- перегрев оборудования, вследствие его плохого обслуживания или неправильно эксплуатации;

В случае возникновения пожара:

- сообщите о ЧС ответственному лицу или в пожарную охрану;
- отключите электроэнергию;
- в случае малого пожара, воспользоваться ручным огнетушителем, при возникновении угрозы жизни – покинуть опасную зону и ожидать службу пожарной охраны;

Для недопущения пожара:

- произвести внешний технический осмотр перед работой;
- проверить на отсутствие повреждений у проводов и кабелей

Для недопущения удара электрическим током:

- убедиться в заземленности установки;
- не вскрывать крышку электродвигателя без специалиста по электроэнергии.

7.4 Правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности

При разработке данного раздела учитывались необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе за компьютером.

7.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В соответствии с пунктом 13.1 статьи 13 Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 03.06.2003 № 118" [3]. О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03" [11] лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Нормальная продолжительность рабочего времени согласно статье 91 Трудового кодекса РФ не может превышать 40 часов в неделю. Согласно статье 92 Трудового кодекса РФ сокращенная продолжительность рабочего времени при проведении работ профессионально связанных с эксплуатацией ПЭВМ не предусмотрена.

В соответствии с Типовой инструкцией по охране труда при работе на персональном компьютере ТОИ Р-45-084-01 [3], продолжительность непрерывной работы с компьютером без регламентированного перерыва не должна превышать двух часов. При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к различным видам трудовой деятельности, за основную работу с компьютером следует принимать такую, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

Согласно статье 111 Трудового кодекса РФ при шестидневной рабочей неделе работникам предоставляются один выходной день в неделю – воскресенье.

7.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место – это часть пространства, в котором инженер осуществляет трудовую деятельность и проводит большую часть рабочего времени. Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности инженера, правильно и целесообразно организованное, в отношении пространства, формы, размера, обеспечивает ему удобное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении. При правильной организации рабочего места производительность труда инженера возрастает с 8 до 20 процентов [1].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 [15] (рабочее место для выполнения работ, в положении сидя) конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое

значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места инженера должны быть соблюдены следующие основные условия:

- оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места;
- достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения;
- необходимо естественное и искусственное освещение для выполнения поставленных задач;
- уровень акустического шума не должен превышать допустимого значения.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление инженера. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Обязательные предварительные медицинские осмотры (обследования) при поступлении на работу (далее - предварительные осмотры раз в год) проводятся с целью определения соответствия состояния здоровья лица, поступающего на работу, поручаемой ему работе, а также с целью раннего выявления и профилактики заболеваний.

Обязательные периодические медицинские осмотры (обследования) (далее - периодические осмотры) проводятся в целях:

- динамического наблюдения за состоянием здоровья работников, своевременного выявления заболеваний, начальных форм профессиональных заболеваний, ранних признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов на состояние здоровья работников, формирования групп риска по развитию профессиональных заболеваний;

- выявления заболеваний, состояний, являющихся медицинскими противопоказаниями для продолжения работы, связанной с воздействием вредных и (или) опасных производственных факторов, а также работ, при выполнении которых обязательно проведение предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников в целях охраны здоровья населения, предупреждения возникновения и распространения заболеваний;

- своевременного проведения профилактических и реабилитационных мероприятий, направленных на сохранение здоровья и восстановление трудоспособности работников;

- своевременного выявления и предупреждения возникновения и распространения инфекционных и паразитарных заболеваний;

- предупреждения несчастных случаев на производстве.

Заключение

В данной магистерской диссертации было проведено исследование магнитной фракции золошлаковых материалов ТЭЦ г.Северск, в результате чего, на основании полученных данных, был спроектирован магнитный сепаратор на постоянных магнитах, производительностью 7 т/ч.

В ходе исследовательской работы, были сделаны главные выводы:

- среднее содержание магнитной фракции в золоотвале ТЭЦ г.Северск – 10%;
- выделенная магнитная фракция является полезным продуктом, который может быть использован в порошковой металлургии, получении стали и производстве электродов;
- максимальная степень извлечения магнитной фракции на собранной модельной установке, составила 87%;

Выполненный проектный расчет ляжет в основу, для проектируемой технологической линии завода по переработке золошлаковых материалов ТЭЦ в г.Северск.

Поставленные задачи исследования являются выполненными, продолжением данной работы выступает сборка магнитного сепаратора, запуск в технологической линии, проектирование магнитного сепаратора под требуемые задачи производства, сборка магнитного сепаратора для линии производства.

Приложение А

Раздел

Золошлаковые материалы

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4KM51	Гимаев Богдан Дамирович		

Консультант – лингвист кафедры ИЯ ФТИ

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

SLUSH MATERIALS

When burning dusty fuel at 1200-1700 ° C are formed Solid waste of two types: ash-fly (fly ash) and slag. Approximately 80% The mineral part of the coal passes into fly ash trapped in cyclones and electrostatic precipitators, and up to 20% passes into the slag that accumulates in the Slag bunkers under the furnace. Then by the method of hydraulic removal ash and slags Are transported to ash-and-slag disposal sites where they are stored and open air or under a layer of water [4]. From the point of view of rational nature management, ZShM represents. The land extracted from the bowels, moved to another territory and underutilized raw materials, capable of meeting many needs industry. It is known that ash on 98-99% consist of Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na. These elements are called ash-forming (Macronutrients). Virtually all the other elements of the periodic systems are present in the ashes at a level of 0.1% or less, these are microelements. When combustion of coal a part of microelements (Sr, Ba, Sc, Y, La, Ti, Zr, etc.) concentrates in the slag. Other elements (Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb, etc.) at temperatures above 1000 ° C are taken out of the high-temperature zone and condensed in electrostatic precipitators (at 110-120 ° C). You can expect enrichment of fly ash with these metals [5].

Currently, in many countries, including in Russia, accumulated the experience of using ash and slag materials in different industries. In 1976 The Ministry of Transport Construction of the USSR approved "Technical conditions for the use of fly ash and ash and slag mixtures from burning various types of solid fuels for construction of earth cloths and devices of road bases and road surfaces »VSN 184-75, which set requirements for the use of ashes and ash and slag materials in road construction.

In the 80 years of research and practical the use of these materials has been significantly intensified. It was is connected with creation and development of a network of highways in the Western Siberia, non-chernozem zone, where the

resources of traditional road building materials (high-strength crushed stone, sand, cement) are limited.

1976-1990 A number of normative documents were developed, developing possibilities of using ashes and ash-and-slag mixtures in road construction [6].

Construction of roads with the use of ashes and ash and slag materials was carried out in various regions of Russia, especially in areas experiencing a shortage of traditional road building materials (gravel, sand, cement). With the construction of highways Moscow-Serpukhov, Moscow-Riga, Moscow-Kashira, with the application of ashes and ash and slag mixtures, about 300 km of roads have been built. On the Altai-Kuzbass highway, 65,000 m³ of ash-and-slag materials are used to cover the layers of the roadbed. Altayavtodor in 1999-2002. Used ash ashes of Barnaulskaya CHPP in constructive layers of road clothes on the roads of III-IV categories. ZShM used in the production of oil wells for the construction of the Lefortovo tunnel used dry ash CHP-22

Mosenergo, when erecting the earth embankment of the M4 route, more than 600 thousand tons of ash storage facilities of Stupino CHP-17 went off, a recent example - a bridge mound

Facilities from 700 thousand tons of ash and slag Kashirskaya GRES. One of the first enterprises that started to dispose of the plant is Kashirskaya GRES. Since 2005, the project has been intensively developing a waste material conversion project. Consumers of raw materials are Moscow and Moscow region, as well as neighboring regions. Consumers are mostly construction companies or enterprises producing building mixtures, cement, brick. And from year to year demand for ash and slag 20 the material only increased. In 2008, demand was about 75,000 tons, according to the latest data of 2015, this figure is 678,000 tons.

The leader in the disposal of ash farm in Russia is the Siberian Federal District, according to 2014, the amount of utilized ash and slag waste is 3.5 million tons (78% of total use ZSOs in Russia), and in 2013 this figure was 2.7 million. It is important to note, that the ash recovery is not recycled by processing enterprises as industrial raw materials, and the plants themselves producing these wastes.

The energy companies move the ShCO from one section to another (conserved or inoperative), or used in the construction of enclosing dams of ash and slag deposits [7].

The main normative document, which provides and details the main requirements for ash and slag materials used in road construction, as well as instructions on their technology the technical specifications for the use of fly ash and ash mixtures from burning various types of solid fuel for construction of an earthen cloth and the device of road bases and coverings of highways »(BCH 185-75). They are based on the generalized results of the studies of the Soyuzdornia, its branches, Giprodornia, the State Duma and a number of other research organizations, taking into account the production experience. VSN 185-75 provide for the use in road construction of fly ash and ash and slag mixtures obtained from combustion in boilers of thermal power plants (TPPs). Also ZShM can be used as an additive to concrete. At present, GOST 25818-91 and GOST 25592-91 have determined the requirements for the chemical composition of ZShM used for the production of various types of concretes and mortars. The content of oxides is normalized - CaO, MgO, SO₃, Na₂O and K₂O. Abroad, the utilization of ash plant is much better developed than in Russia. France occupies the leading place among the countries of Western Europe in solving the problem of using fuel waste from TPPs in road construction [8]. In the England early 60-ies waste from the burning of coal began to be used as a material for the construction of embankments. Studies have shown that fly ash is a material suitable for constructing embankments and installing lower layers of pavement basement, which must be at least 40 cm from the surface of the coating due to their insufficient frost resistance.

Analogous studies of ash and slag mixtures from the dumps of thermal power stations have proved their suitability for constructing embankments and arranging pavement bases. From this material, two embankments were poured off during the reconstruction of the A1 road, into which about 172800 m³ of ash and slag mixture was laid [9]. In Hungary, too, mounds of ash and slag wastes were built [10]: one with a height of 2-3 m, a volume of 4000 m³, the second - 1,7 m and 22,744 m³,

respectively, the third - 1,5 m and 2,700 m³. Due to the good draining ability of the mixtures, the construction did not stop even in very rainy weather. In addition, in 1986, With the use of ash, about 2 million m² of road surfaces were laid [11]. Experiments conducted in the USA showed that ash can be used for hydraulic engineering structures [12]. The use of ash in Poland is about 80%. Research and experimental work carried out to strengthen fly ash as an independent astringent not only sands but also clay soils

Список литературы

1. Путилин Е.И., Цветков В.С. Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС / Союздорнии. М., 2003. 60 с.
2. Адеева Л.Н., Борбат В.Ф. Зола ТЭЦ – перспективное сырье для промышленности / Вестн. Ом. ун-та. 2009. №2. С. 141-151.
3. Дворкин Л.И., Строительный материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с. – (строительство).
4. Альков С.П., Кардаш В.Т. Перспективы вовлечения в эксплуатацию техногенных россыпей в Джалиндинском районе Приамурья//Инф.анал. обзор проблем недропользования (Дальний Восток). Благовещенск–Москва, НБЛ золото.
5. Дальневосточный филиал, 1998 – №5 – С. 7–15. Арбузов С.И., Ершов В.В., Поцелуев А.А. и др. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна. Кемерово, 1999 – 248 с.
6. Бакулин Ю.И., Черепанов А.А. Золото и платина в золошлаковых отходах ТЭЦ г. Хабаровска/Труды и металлы, 2002, – №3 – С. 60–67.
7. Борисенко Л.Ф., Делицын Л.М., Власов А.С. Перспективы использования золы угольных тепловых электростанции./ЗАО «Геоинформмарк», М.: 2001–68с.
8. Варшал Г.М. и др. О концентрировании благородных металлов углеродистым веществом пород// Геохимия, 1994 – №6 – С 814–823.
9. Кизильштейн Л.Я., Дубов И.В., Шпицгауз А.П., Парада С.Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995 – 176 с. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энергоатомиздат, 1995 – 249 с.
10. Клер В.Р., Волкова Г.А., Гурвич Е.М. и др. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР. Геохимия элементов. М., Наука, 1987 – 239 с.

11. Крапивенцева В.В. Металлоносность углей Приамурья // Тихоокеанская геология, 2005 – т.24 – №1 – С. 73–84.
12. Курский А.Н., Витоженк Г.Н., Мандругин А.В. Проблема аналитического определения металлов платиновой группы в рудах черносланцевых комплексов // Платина России. М.:АО «Геоинформмарк», 1995. – Т. 2 – кн. 1. – С. 159–174.
13. Леонов С.Б., Федотов К.В., Сенченко.А.Е. Промышленная добыча золота из золошлаковых отвалов тепловых электростанций // Горный журнал, 1998, – №5 – С. 67–68.
14. Панов Б.С. , Алехин В.И., Юшин А.А. Золото в бурых углях Украины. Киев. Ж. «Уголь Украины» (498), 1998, – №6 – С. 22–24.
КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ
ISSN 1999 7566. Геология и полезные ископаемые Мирового океана, 2009, №2 115
15. Середин В.В. Au–PGE– минерализация на территории Павловского буроугольного месторождения, Приморье// Геология рудных месторождений, 2004. – Т. 46. – №1. – С. 43–73.
16. Середин В.В., Шпирт М.Я. Редкоземельные элементы в гуминовом веществе металлоносных углей // Литология и полез. ископаемые. 1999. – №3. – С. 281–286.
17. Сорбция тяжелых металлов зольными уносами от сжигания угля на ТЭС// Химия тв. топлива, 1990. – № 5. – С. 23–27. Состав и свойства золы и шлаков ТЭС. Справочное пособие под ред. Мелентьева В.А.,Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 185 с.
18. Степанов В.А. Благородные металлы в угольных месторождениях Сибири и Дальнего Востока// Руды и металлы, 2005. – №3. – С . 67–74.
19. Угольная база России. Т.VI. Основные закономерности углеобразования и размещения угленосности на территории России. ЗАО «Геоинформмарк», М., 2004. – 439 с.

20. Целыковский Ю.К. Некоторые проблемы использования золошлаковых отходов ТЭС в России. Энергетик. 1998. – №7. – С. 29–34.
21. Целыковский Ю.К. Опыт промышленного использования золошлаковых отходов ТЭС // Новое в российской энергетике. Энергоиздат, 2000. – № 2. – С. 22–31.
22. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России: Справочник. М.:Недра, 1996. – 238 с.
23. Черепанов А.А. Золошлаковые материалы // Основные проблемы изучения и добычи минерального сырья Дальневосточного экономического района.
24. Егоров В.Л. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения. М., Недра, 1977.
25. Алипов А.И., Карамзин В.И., Губаревич В.Н. Исследование магнитного поля в ФМЖ, расположение в зазоре ФГС-сепараторов. – Обогащение руд, 1985, №3, с 36-41
26. Улубабов Р.С., Туркенич А.М. Увеличение ширины зазоров между пластинами роторных магнитных сепараторов – Горный журнал, 1986, №5, с. 40-41.
27. Полькин С.И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов М., Недра, 1987.
28. Карамзин В.И. Обогащение руд черных металлов. М., Недра, 1982.
29. Кравец Б.Н. Специальные и комбинированные методы обогащения, М., Недра, 1986.
30. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Магнитные методы обогащения. М., Недра, 1977.
31. Карамзин В.В., Карамзин В.В. Магнитные и электрические методы обогащения: Учебник для вузов. – М.:Недра, 1988.-304 с.