

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

---

Институт Энергетический  
Направление подготовки «Энергетическое машиностроение»  
Кафедра «Парогенераторостроение и парогенераторные установки»

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
«Характеристики применения золошлаковых отходов от сжигания Канско-Ачинского бурого угля»

УДК 662.613.004:662.642(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Лихач Снежана Александровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ПГС и ПГУ	Кулеш Роман Николаевич	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Бородин Юрий Викторович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПГС и ПГУ	Заворин Александр Сергеевич	д.т.н., профессор		

Планируемые результаты обучения по ООП 13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Универсальные компетенции</b>		
P1	Способность и готовность самостоятельно учиться и развивать свой общекультурный и интеллектуальный уровень, изменять свой научный и научно-производственный профиль в течение всего периода профессиональной деятельности с учетом изменения социокультурных и социальных условий, вести педагогическую работу в области профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1,3; ПК-11), Критерий 5 АИОР (п. 2.6.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Способность проявлять и использовать на практике навыки и умения организации работ по решению инновационных инженерных задач в качестве члена или руководителя группы, нести ответственность, в том числе в ситуациях риска, за работу коллектива с применением правовых и этических норм при оценке и самооценке профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов, проблемных инженерных задач	Требования ФГОС ВО (ОК-2; ОПК-1; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.3., п. 2.4., п. 2.5.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Способность и готовность приобретать и применять новые знания и умения с использованием методологических основ научного познания и библиографической работы с привлечением современных технологий, понимать роль информации в развитии науки, анализировать её естественнонаучную сущность, синтезировать и творчески применять при решении инновационных профессиональных задач	Требования ФГОС ВО (ОК-1,3; ПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Способность и готовность проявлять в инновационной деятельности глубокие естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте	Требования ФГОС ВО (ОК-1; ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P5	Способность осуществлять коммуникации в профессиональной сфере и в обществе в целом, принимать нестандартные решения с использованием новых идей, разрабатывать, оформлять, представлять и докладывать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке	Требования ФГОС ВО (ОК-2,3; ОПК-2,3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<b>Профессиональные компетенции</b>		

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P6	Способность и готовность выполнять инженерные проекты с использованием современных технологий проектирования для разработки конкурентно способных энергетических установок с использованием знаний теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах и аппаратах	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-1,2,3), Критерий 5 АИОР (п. 1.3.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P7	Способность и готовность ставить и решать инновационные задачи инженерного профиля, анализировать, искать и вырабатывать компромиссные решения с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний в условиях неопределенности, использовать методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-1,2,5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Способность и готовность проводить инновационные инженерные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, формулировать выводы в условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию	Требования ФГОС ВО (ОПК-1,2; ПК-4,5,6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4, п. 1.6.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Способность и готовность оценивать техническое состояние объектов профессиональной деятельности, с применением современного оборудования и приборов, анализировать и разрабатывать рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации, понимать проблемы научно-технического развития сырьевой базы, современных технологий по утилизации отходов в энергетическом машиностроении и теплоэнергетике и научно-техническую политику в этой области	Требования ФГОС ВО (ОПК-1; ПК-7,8,9), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Способность и готовность к эффективному участию в программах освоения новой продукции и технологий, использованию элементов экономического анализа в практической деятельности на предприятиях и в организациях, готовность следовать их корпоративной культуре	Требования ФГОС ВО (ПК-9,10), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, п. 2.1.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) Энергетическое машиностроение

Кафедра Парогенераторостроения и парогенераторных установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ / А.С. Заворин  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5ВМ5Б	Лихач Снежане Александровне

Тема работы:

Характеристики применения золошлаковых отходов от сжигания Канско-Ачинского бурого угля

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№592/с от 07.02.2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

1.06.2017

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	1. Объект исследования: золошлаковые отходы 2. Топливо: Канско-Ачинский бурый уголь.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Введение. 1. Обзор литературы. 2. Постановка задач исследования. 3. Анализ нормативных документов по утилизации ЗШО и отбор нормируемых критериев. 4. Исследование золошлаковых отходов 5. Составление паспорта на ЗШМ и разработка концепции безотходной ТЭС. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность Заключение
<b>Перечень графического материала</b>	1. Электронная презентация
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Грахова Елена Александровна

Социальная ответственность	Бородин Юрий Викторович
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Перевод двух научных статей по тематике диссертации	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кулеш Роман Николаевич	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Лихач Снежана Александровна		

## Реферат

Диссертация состоит из 105 страниц и 30 источников.

Ключевые слова: ТЭС, золошлаковые отходы, золошлаковый материал, экология, строительство, уголь, золошлакоотвал, зола, шлак, сырье.

Цель работы – исследование и анализ характеристик золошлаковых отходов (ЗШО), влияющих на способы их утилизации на примере ЗШО бурого угля Канско-Ачинского бассейна.

На основании поставленной цели работы сформулированы следующие задачи:

- обзор литературных источников по проблеме утилизации ЗШО, выбор наиболее перспективных технологий;
- используя стандартизированные методики, провести анализ характеристик ЗШО, применяемых в отобранных технологиях и составление «макета паспорта золошлаковых материалов»;
- исследование состава продуктов сгорания топлива, отходящих от энергетических котлов и складывающийся в золошлакоотвале станции применительно к полученному «макету».
- составление «паспортов исследуемых ЗШМ».

Научная новизна заключается в следующем:

- впервые для Канско-Ачинского бурого угля получены характеристики ЗШО, находящегося в золошлакоотвале;
- на основе лабораторных исследований даны рекомендации по направлениям использования ЗШМ из золошлакоотвала;
- сформулирована концепция «безотходной ТЭС сжигающей канско-ачинские бурые угли» с техническими предпроектными предложениями по утилизации как вновь вырабатываемых ЗШМ, так и находящихся в золошлакоотвале, разработанная на основе проведенных лабораторных исследований.

Практическая значимость работы:

– на основе анализа нормативных методик и периодических изданий по утилизации ЗШО разработана универсальная форма «паспорта золошлаковых материалов». Находящиеся в ней характеристики применимы в большинстве традиционных направлений утилизации. Получив паспорт данной формы потенциальные потребители могут принять решение о перспективности той или иной технологии утилизации;

– полученные данные по свойствам ЗШМ применимы как при выборе направлений утилизации, так и при непосредственной их реализации, в том числе при оценке и прогнозах объемов их использования, что повышает экономическую эффективность процесса;

– на основе экспериментально установленных параметров, свойств и характеристик ЗШО обоснованы рекомендации по их использованию, применимые в различных технологиях.

Достоверность полученных результатов исследований обеспечивается применением апробированных методик экспериментальных исследований, проведением поверки установок на эталонных образцах, системой повторяемости опытов при фиксированных значениях основных факторов, а также удовлетворительной сходимостью результатов экспериментов с результатами других авторов.

На защиту выносятся:

– результаты экспериментальных и исследований характеристик исследуемого угля;

– методика оценки применимости ЗШО в различных отраслях промышленности на основе анализа «паспорта ЗШМ» и его форма;

– концепция «безотходной ТЭС сжигающей канско-ачинские бурые угли» с техническими предпроектными предложениями по утилизации как вновь вырабатываемых ЗШМ, так и находящихся в золошлакоотвале

Личный вклад автора состоит в разработке и планировании экспериментальных исследований, уточнении формы «паспорта ЗШО»,

проведении экспериментов, анализе и обобщении полученных результатов, формулировке выводов и заключения по диссертации.

## Обозначения, сокращения, нормативные ссылки

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

ЗШО – золошлаковые отходы

ЗШМ – золошлаковый материал

Na<sub>2</sub>O – диоксид азота

K<sub>2</sub>O – диоксид калия

В настоящей работе были использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ВСН 184-75 «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»

2. РД 34.09.603-88 «Методические указания по организации контроля состава и свойств золы и шлаков, отпускаемых потребителям тепловыми электростанциями»

3. В РД 34.09.602-88 «Зола-унос тепловых электростанций. Нормативные характеристики»

4. ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов технические условия»

5. ГОСТ 26644-85 «Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона»

6. ГОСТ 25592-91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов»

7. ГОСТ 30108-94. «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов»

8. НРБ-99/2009 «Нормы радиационной безопасности»

9. ГОСТ 10742-71 «Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и угольные брикеты. Методы отбора и подготовки проб для лабораторных испытаний».
10. ГОСТ 10538-87 «Топливо твердое. Методы определения химического состава золы»
11. ГОСТ 27314-91 «Топливо твердое минеральное. Методы определения влаги»
12. ГОСТ 11022-95 «Топливо твердое минеральное. Методы определения зольности»
13. ГОСТ 2160-92 «Топливо твердое минеральное. Методы определения плотности»
14. ГОСТ 310.2-76 «Цементы. Методы определения тонкости помола»
15. ГОСТ 2057-60 «Угли бурые, каменные, антрацит, горючие сланцы и торф. Метод определения плавкости золы»
16. РД 34.09.603-88 «Методические указания по организации контроля состава и свойств золы и шлаков, отпускаемых потребителям тепловыми электростанциями»
17. СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»
18. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»
19. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах»
20. СП 2.2.1.1312-03. «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий»
21. СП 12.13130.2009. «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
22. ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)»
23. ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке

отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов»

24. ГОСТ 12.4.131-83 «Халаты женские. Технические условия (с Изменениями N 1, 2)»

25. ГОСТ 12.4.253-2013 (EN 166:2002) «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования.»

26. ГОСТ Р 12.4.191-99 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Полумаски фильтрующие для защиты от аэрозолей. Общие технические условия»

## Оглавление

Реферат.....	6
Обозначения, сокращения, нормативные ссылки .....	9
Введение.....	13
1 Обзор литературы.....	18
2 Постановка задач исследования .....	23
3 Анализ нормативных документов по утилизации ЗШО и отбор нормируемых критериев.....	25
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	32
6.1 Инициализация исследования и его обоснование.....	32
6.2 Планирование выполнения работ по НТИ.....	33
6.2.1 Расчет трудоемкости работы .....	33
6.3 Бюджет научно-технического исследования.....	35
6.3.1 Определение материальных затрат .....	35
6.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей.....	35
6.4 Определение научно-технической эффективности исследования .....	37
Список публикаций Лихач Снежаны Александровны.....	39

## Введение

Энергетическая стратегия России на период до 2020г. направлена на сохранение доминирующей роли тепловых электрических станций (ТЭС). При реформировании и модернизации теплоэнергетики, угольным технологиям отводится ключевая роль в обеспечении энергетической безопасности и социально- экономического развития страны и регионов [1]. Особое значение в настоящий период и в последующей перспективе придается решению задач эффективного энергетического использования колоссальных по запасам топлива угольных месторождений Западной и Центральной Сибири - Канско-Ачинского и Кузнецкого бассейнов [1,2]. Следовательно, исследования, направленные на решение связанных с этим проблем, являются 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 физико-химические 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 стратегических путей решения экологической проблемы в зоне 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 железа, алюминия, хрома, никеля, марганца, редких и рассеянных элементов, таких как ванадий, германий, галлий. В некоторых литературных данных так же отмечается, что при сжигании каменного угля на электростанциях вместе с золой выбрасывается настолько огромное количество металлов, что даже в природе их добыча рентабельна при меньшей концентрации.

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 неудобий, а это включает в себя засыпку оврагов, карьеров и болот. Помимо всего прочего, как говорилось выше, в золошлаках содержатся ценные редкоземельные элементы, а также оксиды кремния, алюминия и железа, и все это можно извлекать.

Президент Российской Федерации объявил 2017 год, годом экологии. Цель этого решения — привлечь внимание к проблемным вопросам, существующим в экологической сфере, и улучшить состояние экологической безопасности страны [4].

А из-за переполненности золошлакоотвалов возникают проблемы экологического характера, а именно: пылевыведение с сухих пляжей загрязняет атмосферный воздух и почву, фильтрация высокоминерализованной воды через грунты основания приводит к ее смешению с поверхностными и грунтовыми водами. Особенно остро проблема экологии ощущается в тех городах, где изначально электростанции были построены за городом, теперь находятся в черте города (Томск, Кемерово, Белово, Новосибирск).

К тому же, ЗШО являются причиной отчуждения земель, которые становятся неплодородными, и для восстановления их полезного использования потребуются намного больше усилий. Кроме того, для строительства и эксплуатации технологического хозяйства на ТЭС по сбору, транспортировке и хранению золошлаковых отходов необходимы значительные капитальные затраты, а также расходы на его обслуживание. Всё это негативно сказывается на экосистеме ближайших и окружающих территории района их размещения:

- отвод и нарушение городских земельных угодий для строительства золоотвалов и их инженерной инфраструктуры (золопроводов, насосных станций и др.);

- проникновение растворов из чаш золоотвалов в поверхностные и грунтовые воды с их последующим насыщением;

– пыление золы с поверхности чаш золоотвалов, в частности при сборе значительного их количества и при исчерпании свободных емкостей на золоотвале.

Поэтому одной из важнейших поставленных задач при работе топливно-энергетического комплекса есть ничто иное как снижение негативного воздействия предприятий на окружающую среду и разработка ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий.

Между тем, уголь – природное топливо, запасов которого хватит еще на довольно продолжительное время и другие источники энергии не смогут составить конкуренцию данному виду топлива. Поэтому утилизация минерального остатка сжигания углей и содержащиеся в нем компоненты, ввиду всех экологических проблем при его традиционном складировании в золошлакоотвалах, останется актуальной задачей еще продолжительное время. Эти отходы могут стать мощным источником сырья и найти широкое применение в некоторых отраслях промышленности.

В недавнем времени специалисты Института химии твердого тела и механохимии СО РАН разработали целый ряд продуктов и инновационных технологий для строительной индустрии, среди которых есть технология создания строительных материалов на основе силикатных связующих, использование базальтового волокна как армирующего материала в бетонах, технологии переработки золошлаков угольных ТЭС. К тому же рассматривает использование золошлаковых отходов топливно-энергетического комплекса для получения силикатного керамзита, который весьма отлично подходит для создания "покрывала" дорог на нестабильных грунтах. И это ещё только малая часть возможностей применения продуктов, получаемых при утилизации шлаков сибирских ТЭЦ, таких как тяжелый бетон, тампонажный раствор для холодных и горячих скважин, газобетон автоклавный, деревозолобетон для малоэтажного домостроения, керамзитозолобетон, временные дороги и дорожное основание под асфальтовое или бетонное покрытие.

Также из ЗШО возможно производить силикатный кирпич, на его долю приходится весомая часть всего объема стеновых материалов. Приведенные затраты на возведение стен из силикатного кирпича составляют примерно 84% по сравнению с необходимыми расходами при использовании керамического кирпича.

Расход условного топлива и электроэнергии на производство силикатного кирпича в 2 раза ниже, чем на производство керамического.

В производстве этого материала золы и шлаки ТЭС используются как компонент вяжущего или заполнителя. Силикатный кирпич с примесью зол и топливных шлаков затвердевает в автоклавах при давлении насыщенного пара. В первом случае расход золы достигает 500 кг на 1 тыс. шт. кирпича, во втором – 1,5-3,5 т.

Кирпич из золосиликатной смеси имеет некое превосходство по сравнению с обычным: средняя плотность (17 миллионов кг/м<sup>3</sup> против 19 миллионов кг/м<sup>3</sup>). Применение его позволяет уменьшить толщину наружных стен на двадцать процентов, а массу – на сорок процентов и существенно снизить расход энергии на отопление зданий.

Таким образом, можно констатировать, что ЗШО являются весьма перспективной сферой для инноваций и инвестиций, имеющих многоцелевую направленность, и их переработка позволяет оказать существенное влияние на эколого-социально-экономическое развитие любой страны и её регионов.

## 1 Обзор литературы

При сжигании пылеобразного горючего при 1200–1700 °С образуются твердые отходы двух видов: зола-уноса (летучая зола) и шлак. Примерно 80 % минеральной части угля переходит в золу уноса, улавливаемую в циклонах и на электрофильтрах, а до 20 % переходит в шлак, который накапливается в шлаковых бункерах под топкой. Затем методом гидроудаления золу и шлаки перемещают на золошлакоотвалы, где они складываются и хранятся на открытом воздухе или под слоем воды [4].

С точки зрения рационального природопользования ЗШМ представляет собой добытое из недр земли, перемещенное на другую территорию и недоиспользованное сырье, способное обеспечить многие нужды промышленности. Известно, что золы на 98–99 % состоят из Si, Al, Fe, O, Ca, Ti, Mg, S, K, Na. Эти элементы называют золообразующими (макроэлементами). Практически все остальные элементы периодической системы присутствуют в золе на уровне 0,1% и менее, это микроэлементы. При сгорании угля часть микроэлементов (Sr, Ba, Sc, Y, La, Ti, Zr и др.) концентрируется в шлаке. Другие элементы (Ga, In, Tl, Ge, Sn, Pb и др.) при температурах выше 1000 °С выносятся из зоны высоких температур и конденсируются в электрофильтрах (при 110–120 °С). Можно ожидать обогащения летучей золы именно этими металлами [5].

В настоящее время во многих странах, в том числе в России, накоплен достаточно большой опыт применения золошлаковых материалов в разных отраслях промышленности.

В 1976г. Министерство транспортного строительства СССР утвердило «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 установлены требования к применению зол и золошлаковых материалов в дорожном строительстве.

В 80-х годах научно-исследовательские работы и практическое использование этих материалов были значительно активизированы. Это было связано с созданием и развитием сети автомобильных дорог в Западной Сибири, Нечерноземной зоне, где ресурсы традиционных дорожно-строительных материалов (высокопрочного щебня, песка, цемента) ограничены.

В 1976-1990 гг. был разработан ряд нормативных документов, развивающих возможности использования зол и золошлаковых смесей в дорожном строительстве [6].

Строительство автомобильных дорог с применением зол и золошлаковых материалов осуществлялось в различных регионах России, особенно в районах, испытывающих дефицит традиционных дорожно-строительных материалов (щебня, песка, цемента). При строительстве автомобильных дорог Москва-Серпухов, Москва-Рига, Москва-Кашира с применением зол и золошлаковых смесей построено около 300 км дорог. На автомобильной дороге Алтай-Кузбасс на отсыпке слоев земляного полотна использовано 65 тыс. м<sup>3</sup> 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, SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O.

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 м<sup>3</sup> золошлаковой смеси [9].

В Венгрии тоже построены насыпи из золошлаковых отходов [10]: одна высотой 2-3 м, объемом 4000 м<sup>3</sup>, вторая - соответственно 1,7 м и 22744 м<sup>3</sup>, третья - 1,5 м и 2700 м<sup>3</sup>. 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. м<sup>2</sup> 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].

В Японии используют для дорожного строительства смешанный шлак сталеплавильного производства, добавляют 5 % (массы смеси) золы уноса. В год утилизируют 45 % золы уноса [14].

В Италии золошлакоотходы применяются как естественный заполнитель и вяжущее в конструкциях дорожных одежд [15].

В Китае утилизируется свыше 80 % ЗШО, они применяются при сооружении автомобильной дороги, в качестве несущего слоя использовали

смесь извести с каменноугольной золой в оптимальном соотношении компонентов [16].

В Финляндии каменноугольная зола уноса эффективно используется в асфальтобетонных смесях в качестве добавки к известковым наполнителям [17].

Еще в 60-х годах Индия придумала свой собственный технологический процесс изготовления кирпича с использованием ЗШО. На сегодняшнее время в Индии ежегодно перерабатывается 200 млн. тонн золы уноса для укрепления грунтов насыпи и для устройства покрытия. Утилизация отходов возросла с 3% до 50% [18].

В США осуществлено укрепление золой уноса грунта под основание дорожной одежды на глубину 15 см [19].

В Бельгии золы уноса используются как активная добавка в пуццолановые бетоны и в качестве компонента вяжущего для - укрепления песка [20].

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что количество направлений утилизации позволяет вторично использовать большие объемы ЗШО. В Российской Федерации объем использования остается довольно низким в отличие от зарубежных стран, особенно в Европе.

## 2 Постановка задач исследования

Проведенный литературный обзор, охватывающий мировой опыт в области утилизации ЗШО, позволяет сделать следующие выводы.

1. Проблема утилизации ЗШО на сегодняшний день остается нерешенной и особенно актуальна для России.

2. Рассматриваемая проблема изучается давно, выделены различные направления утилизации, но не существует четких требований к ЗШМ как исходному сырью, характеристики которого должны соблюдаться станцией-производителем.

3. Основная масса работ посвящена использованию ЗШО отдельных типов, при этом не формулируются требования к «поставщику».

4. Существующая нормативная база посвящена в большей мере утилизации ЗШО в строительной отрасли, остальные отрасли охвачены слабо.

5. Для решения задачи полной утилизации как вновь производимого ЗШМ, так и складированного в золошлакоотвале необходим комплекс исследований, включающий отбор проб ЗШМ при различных нагрузках котлоагрегата.

Таким образом, недостаточная степень практического анализа сдерживает развитие и прикладное применение имеющихся способов и схем утилизации ЗШО. Проведение экспериментальных исследований в этой области позволит получить результаты, которые могут быть использованы в различных системах утилизации, требующих наличия экспериментальных данных в рассматриваемой области. Данный факт требует проведения для каждого конкретного случая собственной серии экспериментов. Исходя из поставленной цели исследований и с учетом вышеизложенного основными задачами настоящей работы являются:

1. Обзор литературных источников по проблеме утилизации ЗШО, выбор наиболее перспективных технологий;

2. Используя стандартизированные методики, провести анализ характеристик ЗШО, применяемых в отобранных технологиях и составление «макета паспорта золошлаковых материалов»;

3. Исследование состава продуктов сгорания топлива, отходящих от энергетических котлов и складывающийся в золошлакоотвале станции применительно к полученному «макету».

4. Составление «паспортов исследуемых ЗШМ».

Таким образом, достижение цели, поставленной в данной работе, осуществлено посредством следующих исследований: экспериментальное определение наиболее значимых для практики характеристик ЗШО; составление «паспорта ЗШМ» для различных промежуточных продуктов процесса сжигания угля; предложение концепция «безотходной ТЭС» сжигающей канско-ачинские бурые угли, с техническими предпроектными предложениями по утилизации как вновь вырабатываемых ЗШМ, так и находящихся в золошлакоотвале, разработанная на основе проведенных лабораторных исследований.

### **3 Анализ нормативных документов по утилизации ЗШО и отбор нормируемых критериев**

Проанализировав в литературных источниках известные способы утилизации, можно выделить следующие ее направления:

Выемка ЗШО из золошлакоотвала с последующей перевозкой и заполнением выработанных угольных карьеров, либо использование в ландшафтных работах:

1. Использование ЗШО в строительстве (использование ЗШО в данной отрасли хорошо изучено и находит наибольшее применение);
2. Использование ЗШО в сельском хозяйстве в качестве раскислителя почвы и др;
3. Извлечение из ЗШО отдельных элементов;
4. Современные подходы к утилизации ЗШО, в большинстве своем находящиеся в стадии разработки.

Широкомасштабность и разнообразие способов утилизации ЗШО очевидны, и, если из ранга вредных отходов золу возвести в ранг промышленного продукта, сырья, сбываемого товара, то ее улавливание из вынужденного, убыточного для теплоэнергетики мероприятия превращаемся в нормальный, прибыльный технологический процесс [21].

Выходом из проблемы могут стать производства, продукцией которых являются материалы непосредственно из ЗШО или их компоненты, либо продукты технологий более глубокой их переработки. Однако большинство вариантов использования ЗШО предъявляет жесткие требования к различным параметрам исходного сырья.

Для определения возможности реализации утилизации ЗШО необходимо иметь паспорт золошлаковых материалов (ЗШМ) как продукции станции.

Для того чтобы составить паспорт золошлаковых материалов, нужно проанализировать нормативные документы для применения ЗШМ в различных направлениях.

В РД 34.09.603-88 «Методические указания по организации контроля состава и свойств золы и шлаков, отпускаемых потребителям тепловыми электростанциями» сказано, что для свойств золы и шлака обязателен контроль состава по: химическому составу, содержанию горючих, содержанию свободного оксида кальция, удельной поверхности и плавкости.

В РД 34.09.602-88 «Зола-унос тепловых электростанций. Нормативные характеристики» для использования золы уноса в сельском хозяйстве предъявляются требования, представленные на рисунке 1.

Наименование показателей		от	до
1. Содержание компонентов, %	$SiO_2$	21,0	32,0
	$Al_2O_3$	6,0	11,0
	$Fe_2O_3$	13,0	16,0
	$CaO$	34,0	46,0
	$MgO$	3,5	6,0
	$K_2O$	0,2	0,6
	$Na_2O$	0,2	0,6
	$SO_3$	2,3	9,0
2. Содержание свободной окиси кальция, % не более		6,0	13,0
3. Содержание горючих в уносе, %		2,5	
4. Удельная поверхность, $см^2/г$		1500	3000
5. Плавкость, °С	$t_A$	1220	1370
	$t_B$	1250	1410
	$t_C$	1280	1440

Рисунок 1 – Нормативные характеристики золы уноса от сжигания Канско-Ачинских углей

В ВСН 185-71 «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» показывает, что золы уноса и золошлаковый материал можно применять в дорожном строительстве. Зола уноса применяется как самостоятельное медленно твердеющее вяжущее и как активный компонент смешанного вяжущего.

Для золы уноса, как самостоятельного медленно твердеющего вяжущего нормируются следующие показатели:

- содержание свободной окиси кальция (не менее 8%),
- удельная поверхность (не менее 3000 см<sup>2</sup>/г),
- содержание сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO<sub>3</sub> (не более 6%),
- потери при прокаливании (не более 5%).

Для золы уноса, как активного компонента смешанного вяжущего такие же нормируемые показатели, но с другим содержанием:

- содержание свободной окиси кальция (не более 4 %),
- удельная поверхность (не менее 3000 см<sup>2</sup>/г),
- содержание сернистых и сернокислых соединений (в пересчете на SO<sub>3</sub> (не более 3%),
- потери при прокаливании (не более 10%).

ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов технические условия» трактует качественные показатели зол различных видов.

Зола подразделяется на 4 вида:

I- для железобетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетонов,

II- для бетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетонов, строительных растворов,

III- для изделий и конструкций из ячеистого бетона

IV- для бетонных и железобетонных изделий и конструкций, работающих в особо тяжелых условиях (гидротехнические сооружения, дороги, аэродромы и др.).

Нормируемые показатели свойств золы бурых углей для бетонов представлены на рисунке 2.

Наименование показателя	Вид сжигаемого угля	Значение показателя в зависимости от вида золы			
		I	II	III	IV
1. Содержание оксида кальция (CaO), % по массе:					
для кислой золы, не более	Любой	10	10	10	10
для основной золы, св.	Бурый	10	10	10	10
в том числе: свободного оксида кальция (CaO <sub>св</sub> ) не более:					
для кислой золы	Любой	не нормируется			
для основной золы	Бурый	5	5	не нормируется	2
2. Содержание оксида магния (MgO), % по массе, не более	Любой	5	5	не нормируется	5
3. Содержание сернистых и серно-кислых соединений в пересчете на SO <sub>3</sub> , % по массе, не более:					
для кислой золы	Любой	3	3	3	3
для основной золы	Бурый	5	5	6	3
4. Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na <sub>2</sub> O, % по массе, не более:					
для кислой золы	Любой	3	3	3	3
для основной золы	Бурый	1,5	1,5	3,5	1,5
5. Потеря массы при прокаливании (п.п.п.), % по массе, не более:					
для кислой золы	Бурый	3	5	5	2
для основной золы	Бурый	3	5	3	3
6. Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг, не менее:					
для кислой золы	Любой	250	150	250	300
для основной золы	Бурый	250	200	150	300
7. Остаток на сите № 008, % по массе, не более:					
для кислой золы	Любой	20	30	20	15
для основной золы	Бурый	20	20	30	15

Рисунок 2 – Нормируемые показатели свойств золы для бетонов

ГОСТ 26644-85 «Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона» предъявляет к шлаковому песку и рядовому шлаку требования к

зерновому составу, т.е. остаток на сите с сеткой N 0315, в % по массе, не более 10 для первого и не более 20 для второго. Насыпная плотность щебня из плотного шлака, применяемого для тяжелого бетона, должна быть не менее 1000 кг/м<sup>3</sup>, шлакового песка из плотного шлака - не менее 1100 кг/м<sup>3</sup>.

Химический состав ЗШО включает в себя такие показатели как:

- потеря массы при прокаливании (для железобетонных и бетонных конструкций содержание не более 3%),
- содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO<sub>3</sub> (не более 3% по массе),
- содержание в щебне и песке свободного оксида кальция не должно превышать 1%.

Согласно ГОСТ 25592-91 «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов» удельная поверхность мелкозернистой золошлаковой смеси должна быть не менее 150 м<sup>2</sup>/кг, а полный остаток на сите N 008 - не более 30% по массе. Насыпная плотность золошлаковой смеси для легкого бетона должна быть более 1200 кг/м<sup>3</sup>. Потеря массы при прокаливании для зольной и шлаковой смеси от сжигания бурого угля не более 3%. Химические требования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормирование химических элементов золошлаковых смесей для бетонов

Нормируемые показатели	Требования к золошлаковой смеси
оксид магния	не более 10% по массе
сернистые и сернокислые соединения в пересчете на SO <sub>3</sub>	не более 3% по массе
щелочные оксиды натрия	не более 3% по массе
щелочные оксиды калия	не более 3% по массе
Сульфидная сера	не более 1% по массе

Таким образом, проанализировав нормативные документы можно сделать вывод о том, какие показатели свойств золошлаковых отходов должны содержаться в паспорте на ЗШМ.

Макет паспорта ЗШМ представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Макет паспорта на ЗШМ

ПАСПОРТ на \_\_\_\_\_

(вид топлива, марка котла, тип шлакоудаления)

Содержание элементов в расчете на оксиды		Величина, %				
П.п.п.						
SiO <sub>2</sub>						
TiO <sub>2</sub>						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
CaO						
MgO						
K <sub>2</sub> O						
Na <sub>2</sub> O						
SO <sub>3</sub>						
CaO св						
Гранулометрический состав						
Класс крупности, мкм	1000	600	200	100	46	<46
Остаток на сите, %						

Температурные характеристики, °С	t <sub>A</sub> = t <sub>B</sub> = t <sub>C</sub> =
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	
Влажность, %	не более
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	не менее
Остаток на сите № 008, % по массе	
Класс опасности для окружающей природной среды	V (безопасные)
Класс радиационной безопасности согласно ГОСТ 30108-94 и НРБ-99	

Паспорт ЗШМ составляется на основе лабораторных исследований, результатом которых становится определение химического, минералогического состава ЗШО, который зависит от многих факторов: условия сжигания угля, режимов работы котлоагрегата и т.д. [22].

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

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ВМ5Б	Лихач Снежана Александровна

<b>Институт</b>	Энергетический	<b>Кафедра</b>	ПГС и ПГУ
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Энергетическое машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов проектной работы: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	- Примерный бюджет исследования 117 000 руб.; - Заказчиком исследования является кафедра ПГС и ПГУ; - В реализации исследования задействованы 2 человека: руководитель исследования и инженер;
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Амортизация основных фондов и нематериальных активов (15% от материальных затрат);
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам 27,1% от ФОТ

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения проектной работы с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Инициализация исследования и обоснование; - Потенциальные потребители результатов НТП;
2. <i>Планирование и формирование бюджета проектной работы</i>	- Планирование выполнения работ по исследованию - Расчет бюджета проекта, в том числе расчет капитальных затрат
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение научно-технической эффективности исследования - Оценка организационной эффективности

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Елена Александровна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ5Б	Лихач Снежана Александровна		

## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка экономической эффективности исследования.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить инициализация исследования и его обоснование;
- провести планирование выполнения работ по НИИ;
- рассчитать бюджет НИИ;
- определить научно-техническую эффективность исследования

### **6.1 Инициализация исследования и его обоснование**

В настоящее время в России остро стоит проблема о переполненности золошлакоотвалов. И если из ранга вредных отходов золу возвести в ранг промышленного продукта, сырья, сбываемого товара, то ее улавливание из вынужденного, убыточного для теплоэнергетики мероприятия превращается в нормальный, прибыльный технологический процесс. Для этого нужно провести исследование свойств золошлакоотходов и составить паспорт на данную продукцию, и это будут уже не отходы, а золошлаковый материал.

Потенциальные потребители исследования выступают энергетические предприятия, которые производят золошлакоотходы. (ТЭЦ, ГРЭС и т.д.). Для станции это ресурсоэффективно, так как за переполненность золошлакоотвалов они платят штрафы, которые составляют сотни тысяч в год. Инновационного потенциала исследование не имеет, но Результаты исследования характеризуются дальнейшим коммерческим потенциалом, поскольку на

исследование золошлаковых отходов требуется гораздо меньшая сумма, чем на содержание уже имеющихся и строительство новых золошлакоотвалов. Также после исследования ЗШО и перевод его в золошлаковый продукт станция может продавать его, как промышленный продукт и получать прибыль.

## 6.2 Планирование выполнения работ по НТИ

В данном разделе представлено планирование работ по исследованию. В рабочей группе участвуют два человека – руководитель исследования и инженер. На рисунке 5 изображена структура и этапность работ по исследованию.



Рисунок 5 – Этапность работ

### 6.2.1 Расчет трудоемкости работы

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{\text{ож}} = \frac{(3 \cdot t_{\text{мин}} + 2 \cdot t_{\text{макс}})}{5},$$

где  $t_{\min}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Этапы и содержание НТИ приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Этапы и содержание НТИ

Код работ	Этапы работ	Продолжительность работы			Исполнитель
		$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{ож}$	
1	Анализ документации по исследованию золы	27	22	24	И
2	Подготовка проб к исследованиям	33	27	29	РИ, И
3	Исследовательские работы	156	129	139	И
4	Обработка результатов исследования	52	42	46	И
5	Составление паспорта на продукт	35	30	32	И
Итого		303	250	270	

И-инженер, РИ-руководитель исследования.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ. Диаграмма Ганта представлена в приложении 1.

Таким образом, в научно-техническом исследовании будут задействованы руководитель исследования и инженер. Исследования займут 270 дней. Окончание работы предполагается на 1 июня 2017 года.

## 6.3 Бюджет научно-технического исследования

### 6.3.1 Определение материальных затрат

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

Таблица 36 – Материальные затраты

Статьи затрат	Стоимость, руб.
Бумага	200
Принтер	4000
Ручки	200
Тетради	700
Стикеры	150
<b>Итого</b>	<b>5250</b>

Затраты на специальное оборудование приведены в таблице 37.

Таблица 37 – Затраты на оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
Электронные весы	Штука	1	10 000	10 000
Муфельная печь	Штука	1	62 200	62 200
Бюксы	Штука	10	192	1 920
Лодочки для прокаливания	Штука	10	10	100
<b>Итого</b>				<b>74 220</b>

Исходя из вышесказанного суммарные материальные затраты исполнителей на исследовательскую работу составляют  $\sum M_3 = 79\,470$  руб.

### 6.3.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

Для расчета заработной платы приняты дневные ставки для руководителя и инженера в размере 350 и 50 руб. соответственно. Расчет

заработной платы производится на основании перечня работ и трудоемкости работ. Расчет зарплаты представлен в таблице 38.

Таблица 38 – Расчет по статье «Основная зарплата»

Этапы работы	Трудоемкость, чел/день		Суммарная основная заработная плата, руб.
	И	РИ	
Анализ документации по исследованию золы	24		1200
Подготовка проб к исследованию	20	9	4150
Исследовательские работы	139		6950
Обработка результатов исследования	46		2300
Составление паспорта на продукт	32		1600
Итого:	270		17800

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot Z_{\text{ос}} = 0,1 \cdot 17800 = 1780 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные цели

Единый социальный налог (ЕСН) учитывает отчисления в фонд пенсионного страхования, фонд социального страхования и фонд обязательного медицинского страхования (27,1 %):

$$\begin{aligned} \text{ЕСН} &= 0,271 \cdot Z_{\text{общ}} = 0,271 \cdot (Z_{\text{всп}} + Z_{\text{осн}}) = 0,271 \cdot (17800 + 1780) = \\ &= 5306,18 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Амортизация основных фондов и нематериальных активов (15 % от материальных затрат)

$$A = 0,15 \cdot K_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 79470 = 11920,5 \text{ руб.},$$

где  $K_{\text{осн}}$  – суммарная стоимость основных средств (технологическое и вспомогательное оборудование, производственный и хозяйственный инвентарь).

Расходы на проведение научно-исследовательской работы

Смета данных расходов приведена в таблице 39. Рассчитываемая смета расходов включает затраты на приобретение необходимого оборудования, для проведения НТИ и текущие расходы.

Таблица 39 – Смета расходов на проведение научно-исследовательской работы

Статьи расходов	Расходы, руб.
Оборудование	79470
Основная заработная плата	17800
Дополнительная заработная плата	1780
Отчисление на социальное страхование	5306,18
Амортизация	11920,5
Итого	116276,68

Затраты на исследование равны 116 276,68 руб., что является незначительным, по сравнению с теми затратами, которые станция несет из-за переполненности золошлакоотвалов.

#### 6.4 Определение научно-технической эффективности исследования

Проведенные в данном разделе технико-экономические расчеты определили затраты, необходимые для проведения научно технического исследования. Расчеты показывают, что затраты на исследование не велики по сравнению с тем какие деньги тратят станции на содержание золошлакоотвалов и на строительство новых. Поэтому, процентное соотношение затрат на исследовательский этап составляет 11% от затрат на содержание золошлакоотвалов.

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности проекта необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня.

Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot П_i ,$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$П_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака.

Результаты определения коэффициента научно-технической эффективности исследования представлены в таблице 40.

Таблица 40 – Определение коэффициента научно-технической эффективности исследования

Фактор научно-технической результативности	Весовой коэффициент фактора	Качество фактора	Характеристика фактора	Количественная оценка
1	2	3	4	5
Перспективность использования результатов	8	Важная	Результаты исследования будут использоваться станциями для возможности утилизации ЗШО	0,9
Масштаб возможной реализации результатов	6	Отрасль	Время реализации до 5 лет	1,0
Завершенность полученных результатов	7	Высокая	Полученные характеристики исследования соответствуют стандартам , т.е. ЗШО можно применять в качестве сырья	0,8
Коэффициент научно-технической эффективности НИР				18,8

$$k_1 = 8, P_1 = 0,9, k_2 = 6, P_2 = 1,$$

$$k_3 = 7, P_3 = 0,8$$

$$НТУ = 8 \cdot 0,9 + 6 \cdot 1 + 7 \cdot 0,8 = 18,8$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данное исследование имеет хорошие показатели перспективности использования результатов, и при этом используется в широком спектре отраслей за сравнительно небольшое время реализации.

## Список публикаций Лихач Снежаны Александровны

1. Надежность элементов энергетического оборудования. Организация самостоятельной работы в среде LMS Moodle // Учебно-методическое пособие. - Томск : ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ, 2016 - 87 с.

2. Applied Technological Direction of Power Plant Ash and Slag Waste Management when Kuznetsk Bituminous Coal is Burned // MATEC Web of Conferences . - 2016 - Vol. 72, Article number 01058. - p. 1-4, дата публикации 9 августа 2016 года.

3. Utilization direction of industrial raw products built-up in power station ash dumps, MATEC Web of Conferences . - 2017 - Vol. 92, Article number 01074. - p. 1-5, дата публикации 21 декабря 2016 года.

4. Power plant ash and slag waste management technological direction when Kansk-Achinsk brown coal is burned // MATEC Web of Conferences . - 2017 - Vol. 92, Article number 01051. - p. 1-5, дата публикации 21 декабря 2016 года.

5. Направления развития технологий утилизации золошлаковых отходов ТЭС при сжигании бурых углей Канско-Ачинского бассейна // материалы I(XVI) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов, издательство ФГБОУ ВО «БрГУ» Братск, стр. 165-169, дата публикации 22 Апреля 2016 года.

6. Практические направления развития технологий утилизации золошлаковых отходов ТЭС при сжигании Кузнецких каменных углей // материалы I(XVI) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов, издательство ФГБОУ ВО «БрГУ» Братск, стр. 169-173, дата публикации 22 Апреля 2016 года.

7. Направления утилизации техногенного сырья, накопленного в золошлакоотвалах ТЭС // материалы I(XVI) Всероссийской научно-технической конференции студентов и магистрантов, издательство ФГБОУ ВО «БрГУ» Братск, стр. 173-177, дата публикации 22 Апреля 2016 года.

8. Исследование сырья накопленного в золошлакоотвалах ТЭС сжигающих угли основных месторождений Сибири // материалы IV Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы», ИЗДАТЕЛЬСТВО ТПУ, Томск, стр. 216-220, дата публикации 14 октября 2016 года.

9. Методология оценки пригодности к утилизации золошлаков ТЭС // материалы I международной научно-практической конференции студентов и аспирантов «Современные тенденции котлостроения», Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, стр.44-49, дата публикации 16 марта 2016 года.