

Инженерная школа энергетики  
 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
 Проектирование и диагностирование энергетических агрегатов  
 НОЦ И.Н. Бутакова

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Разработка технологии гранулирования угольного штыба при использовании отходов мукомольного производства

УДК 66.099:[622.333+664.768]

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ11	Мусафиров Диас Ерланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Табакаев Р.Б	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимова Т.Б.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Буваков К.В.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гиль А.В.	К.Т.Н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен обеспечивать работу диспетчерско-технологического управления в границах зоны обслуживания организации нефтегазовой отрасли
ПК(У)-2	Способен обеспечивать поставки и свод балансов газа в границах зоны обслуживания организации газовой отрасли
ПК(У)-3	Способен организовывать поставки и контроль балансов газа в границах зоны обслуживания организации газовой отрасли
ПК(У)-4	Способен проектировать, конструировать и сопровождать на всех этапах жизненного цикла энергетические установки
ПК(У)-5	Способен организовывать работы по эксплуатации газотранспортного оборудования, станций охлаждения газа и газораспределительных станций (ГРС)
ПК(У)-6	Способен осуществлять руководство работами по контролю технического состояния и техническому диагностированию на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса
ПК(У)-7	Способен осуществлять управление системой контроля технического состояния и технического диагностирования на объектах и сооружениях нефтегазового комплекса
ПК(У)-8	Способен выполнять техническое диагностирование средств противокоррозионной защиты и коррозионного состояния газотранспортного оборудования
ПК(У)-9	Способен осуществлять вибрационное диагностирование топливно-энергетических систем
ПК(У)-10	Способен выполнять работы всех видов сложности по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС
ПК(У)-11	Способен осуществлять обеспечение промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию, эксплуатации, реконструкции, капитальном ремонте, техническом перевооружении, консервации и ликвидации опасного производственного объекта



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

Инженерная школа энергетики  
13.04.03 Энергетическое машиностроение  
Проектирование и диагностирование энергетических агрегатов  
НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Гиль А.В.  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5BM11	Мусафиров Диас Ерланович

Тема работы:

<i>Разработка технологии гранулирования угольного штыба при использовании отходов мукомольного производства</i>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	31.01.23 № 31-67/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</p>	<p>Объект аналитического исследования – угольный штыб и отходы мукомольного производства. Предмет исследования – топливо. Цель работы – обоснование возможности сжигания смесевых топлив в энергетических котлах.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b> (аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представить описание, характеристики, достоинства и недостатки смесевых топлив.</li> <li>2. Сформулировать цели и задачи работы.</li> <li>3. Представить описание проблем системы сжигания смесевых топлив.</li> <li>4. Выполнить экспериментальные исследования.</li> <li>5. Определить экономические затраты на выполнение выпускной работы.</li> <li>6. Проанализировать рабочие места на предмет выявления основных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на человека и</li> </ol>

	природную среду. 7. Сформулировать основные выводы.
--	--

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентационный материал.
---	---------------------------

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Якимова Татьяна Борисовна, доцент, к.э.н.
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович, профессор, д.т.н.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:**

Социальная ответственность.

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Табакаев Р.Б.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ11	Мусафинов Диас Ерланович		



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

Инженерная школа энергетики  
13.04.03 Энергетическое машиностроение  
Уровень образования магистратура  
НОЦ И.Н. Бутакова  
Период выполнения весенний семестр 2022/2023 учебного года

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
5BM11	Мусафиров Диас Ерланович

Тема работы:

Разработка технологии гранулирования угольного штыба при использовании отходов мукомольного производства
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01 июня 2023 г.
--	-----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.23	Сбор литературных данных и проведение анализа литературы и нормативно-технической документации.	5
25.03.23	Разработка экспериментального стенда.	5
22.04.23	Проведение расчетов и анализ полученных результатов.	10
15.05.23	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	5
22.05.23	Социальная ответственность.	5
28.05.23	Заключение.	3
30.05.23	Графический материал.	2
31.05.23	Нормоконтроль.	5
08.06.23	Предзащита.	60

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Табакаев Р.Б.	к.т.н		

**СОГЛАСОВАНО:****Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гиль А.В.	К.Т.Н		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5BM11	Мусафиров Диас Ерланович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 109 страниц, 12 рисунков, 19 таблиц, 59 источников, двух приложений.

Ключевые слова: *каменноугольный штыб, биомасса, формованное топливо, пеллеты, прочность топлива, дифференциальный термический анализ.*

Объектом исследования являются угольный штыб и отходы мукомольного производства.

Целью работы является разработка способа получения прочных топливных гранул (пеллет) из отходов угледобычи и биомассы.

В качестве основного метода исследования в работе использованы эксперимент и дифференциальный термический анализ. В результате выполненных исследований, определены технологические параметры формования пеллет: влажность исходной смеси 16–19 %, доля пшеничных отрубей в составе формовочной смеси от 4 до 20 %, температура прессования 120–160 °С, усилие прессования 2,5–10 т. Показана возможность реализации предложенного способа на оборудовании промышленного типа.

В результате были получены пеллеты из отходов угледобычи и биомассы с высокой механической прочностью и проведена промышленная реализация разработанного способа изготовления пеллет. Пеллеты соответствуют требованиям, согласно российскому стандарту ГОСТ Р 57016-2016, предъявляемым к формованному топливу.

Внедрение технологии гранулирования угольного штыба при использовании мукомольных отходов позволит решить проблему рационального использования отходов угля и мукомольного производства, а также повысить рентабельность производства за счет получения экологически чистого экспортного продукта.

Полученную технологию рекомендуется применять в промышленной энергетике.

## Обозначения и сокращения

ВДТ – выключатель дифференциального тока

ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости

НТИ – научно-техническое исследование

ПДУ – предельно допустимый уровень

ПДК – предельно допустимая концентрация

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

СИЗ – средства индивидуальной защиты

СКЗ – средства коллективной защиты

СФО – сибирский федеральный округ

ТГА – термографический анализ

ТЭК – топливно-энергетический комплекс

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ЭМП – электромагнитное поле

## Содержание

Введение.....	11
1 Обзор и анализ научно-технической литературы.....	15
1.1 Проблемы и причины образования отходов топливно-энергетического комплекса.....	15
1.2 Способы гранулирования твердых горючих отходов.....	19
1.3 Достоинства и недостатки использования биомассы в виде связующего вещества для угольных пеллет.....	20
2 Методика исследования в РФ.....	24
2.1 Объект исследования.....	24
2.2 Определение оптимальных параметров процесса.....	25
2.3 Промышленная апробация.....	26
2.4 Теплотехнические характеристики.....	27
2.5 Механические характеристики пеллет.....	28
2.6 Изучение структуры образцов пеллет.....	29
2.7 Дифференциальный термический анализ.....	29
3 Результаты и анализ полученных данных.....	31
3.1 Характеристики исходного сырья.....	31
3.2 Формование гранулированного топлива (пеллет).....	31
3.3 Сжигание пеллет.....	39
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	42
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	42
4.2 Инициация проекта.....	46
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	47
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	50
4.5 Реестр рисков проекта.....	56
4.6 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта.....	56
5 Социальная ответственность.....	63
5.1 Производственная безопасность. Вредные факторы.....	63
5.2 Электроопасность.....	72

5.3 Пожароопасность .....	73
5.4 Экологическая безопасность.....	75
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	76
5.6 Нормативно-техническая документация .....	78
5.7 Вывод по разделу .....	78
Заключение .....	80
Conclusion.....	81
Список публикаций обучающегося.....	82
Список использованных источников .....	83
Приложение А (Раздел 5 на английском языке) .....	90
Приложение Б (Финансовый менеджмент) .....	106

## Введение

Ископаемый уголь многие сотни лет наряду с другими традиционными топливами является одним из основных источников сырья для выработки тепла и электроэнергии [1, 2]. В долгосрочной перспективе, согласно статистическим данным [3, 4], доля угля в производстве тепла и электроэнергии в мировой структуре топливно-энергетического комплекса будет составлять (по разным оценкам) от 31 % (горизонт планирования – 2040 г.) [3] до 38 % (горизонт планирования – 2050 г.) [4]. Ключевыми предпосылками к этому являются рост населения планеты, соответственно, энергопотребления, и значительные запасы углей, их невысокая стоимость, а также развитая инфраструктура добычи, доставки и хранения. Однако, применение ископаемых углей в энергетике способствует развитию парникового эффекта. Многочисленные попытки заменить ископаемые виды топлив альтернативными (возобновляемыми) источниками энергии [7] (например, солнечными [8], ветряными [9], геотермальными) не привели в последние два десятилетия к глобальному изменению доли угля в мировом энергетическом балансе [10, 11]. Однако, многими странами (в первую очередь странами Европейского союза) биомасса рассматривается в качестве отдельного, экологически чистого вида топлива [10, 12, 13]. Повышенное внимание к применению в энергетике биомассы обусловлено тем, что последняя практически не содержит в своём минеральном составе серы и является углерод-нейтральным топливом [12]. Важно отметить, что мировая экономика в значительной степени зависит от цен на энергоносители, в связи с чем использование возобновляемого источника энергии – биомассы [13] должно положительным образом отразиться на энергетической устойчивости каждого отдельно взятого государства.

Кроме того, основные проблемы угольной отрасли определяются экологическими и экономическими факторами. Как известно, при добыче угля образуется колоссальное количество угольных отходов фракцией 0–6 мм [14], называемых штыбом. Штыб считается отходом угледобычи в силу того, что

такие размеры частиц делают его труднообрабатываемым для промышленного использования [15]. В частности, энергетическое использование штыба ограничено, тем что перевозка и сжигание топлива столь мелкой фракции требует применения специальных технических средств и решений [15, 16]. Как следствие, данный продукт обычно накапливается вблизи месторождений, образуя свалки или целые полигоны. При этом изымаются территории, ухудшается экологическая ситуация близ расположенной местности, существует опасность самовоспламенения [14, 17–19].

Формование штыба в гранулы (пеллеты) или брикеты позволяет получать топливо, пригодное для эффективного энергетического использования. В [20–22] показано, что при использовании формованного топлива наблюдалось увеличение КПД топочных устройств (снижается величина провала через колосниковую решетку, в процессе прессования уменьшается влажность топлива) и снижение вредных выбросов. Однако к такому виду топлива предъявляются особые требования, как к теплотехническим характеристикам и составу, так и к механическим характеристикам. Например, согласно российскому стандарту ГОСТ Р 57016-2016 «Брикеты каменноугольные для энергетических и коммунально-бытовых нужд. Технические требования» [23] механическая прочность формованного топлива после испытания сбрасыванием должна составлять не менее 85 %, а механическая прочность после испытания на истирание – не менее 80 %. В связи с этим производители формованного топлива стремятся повысить его прочность, прибегая к использованию различных видов связующих веществ.

Как правило, добавление связующего вещества увеличивает себестоимость формуемого топлива или снижает теплотехнические свойства, поэтому стараются минимизировать количество его добавки к основному сырью. Снижая затраты на процесс формовки, производители стремятся использовать в качестве связующего вещества отходы различных отраслей, например, биомассу, сульфитные щелоки, нефтешламы, каменноугольный пек и флюсы, лигнин (отход целлюлозно-бумажной промышленности) и др. [25].

При этом одновременно решается две задачи – получение стандартизированного топлива для энергетики и утилизация отходов соответствующей отрасли.

С точки зрения экоэнергетики биомасса относится к одним из наиболее перспективных видов связующих веществ. Во-первых, биомасса является СО<sub>2</sub>-нейтральным топливом: при её энергетическом использовании образуется столько же диоксида углерода, сколько его поглощается при естественном росте биомассы [26]. В связи с этим принято считать, что биомасса является экологически чистым топливом, не оказывающим влияние на парниковый эффект. Кроме того, ресурсы биомассы практически не содержат серу в своём составе, поэтому при их сжигании выбросы SO<sub>x</sub> практически отсутствуют [27]. Во-вторых, в работах показано [28–30], что совместное сжигание топливной смеси из угля и биомассы оказывает положительный синергетический эффект, проявляющийся в снижении удельных вредных выбросов и расширении возможности использования зольного остатка (изменяется химический состав золы, понижается её радиационный фон) [31].

В связи с вышеизложенным переработка отходов угледобычи в формованное топливо при использовании биомассы в качестве связующего является *актуальной* научно-технической задачей. *Целью* настоящей работы является разработка способа получения прочных топливных гранул (пеллет) из отходов угледобычи и мукомольного производства.

Для достижения цели работы предполагается выполнить программу экспериментальных и теоретических исследований, которые включают группу взаимосвязанных *задач*:

1. Разработка методики экспериментального исследования гранулирования смеси угольных отходов (штыба) и мукомольных отходов.
2. Определение оптимальных параметров процесса гранулирования.
3. Проведение гранулирования результатов лабораторного исследования на полупромышленном оборудовании.

4. Определение теплотехнических и механических характеристик полученных пеллет.
5. Изучение структуры и проведение дифференциального термического анализа готовых пеллет.
6. Обобщение результатов, проведенных при выполнении проекта экспериментальных и теоретических исследований.

## **1 Обзор и анализ научно-технической литературы**

### **1.1 Проблемы и причины образования отходов топливно-энергетического комплекса**

Известно, что предприятия ТЭК, как добывающие ресурсы, так и получающие из них энергию, являются одним из основных источников антропогенного воздействия на природные экосистемы. Интенсивное развитие угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий оказывает воздействие на литосферу, являясь причиной увеличения объемов твердых углеродсодержащих отходов, значительную долю которых составляют угольные шламы и отсеvy, коксовые мелочь и пыль. Например, в горном производстве России общая масса всех неутилизованных отходов достигает 45 млрд. т, а суммарная площадь, занятая под их складирование, более 250 тыс. га земли [32]. Подсчитано, что масштабы образования твердых горючих отходов в различных отраслях промышленности могут составлять от 30 до 70% от основного объема добычи. Подобные отходы являются важным энергетическим ресурсом, который может быть положен в основу организации производства новых видов топлива [33].

Техногенная нагрузка на биосферу от объектов, сжигающих топливное сырье, проявляется в форме загрязнения атмосферного воздуха и сказывается на состоянии зеленого покрова планеты [34]. Основными загрязняющими веществами в выбросах являются как пылеобразные частицы: угольная пыль, копоть и сажа, так и различные газы [35]. Особенно опасно попадание сернистых соединений в атмосферу, что является причиной образования сернокислотных дождей [36], наносящих вред народному хозяйству, флоре и фауне. Источником воздействия такого рода являются тепловые котельные и электростанции [37]. При этом выбросы основных загрязняющих веществ значительно увеличиваются в зимний период года.

Таким образом, научно-технический прогресс и связанное с ним бурное развитие промышленности ТЭК привели к тому, что охрана окружающей

среды стала актуальной проблемой глобального масштаба, и необходимость ее решения документально отражена в [32], где в качестве приоритетных направлений научно-технического прогресса в угольной отрасли отмечена необходимость комплексного использования отходов переработки угля, а также последовательного ограничения нагрузки ТЭК на окружающую среду и климат путем снижения выбросов загрязняющих веществ, сброса загрязненных сточных вод, а также эмиссии парниковых газов, сокращения отходов производства и потребления энергии.

Рассматривая предприятия добычи угля, можно выделить следующие виды угольных отходов:

– угольную пыль – характерный отход, образующийся на предприятиях угольной промышленности, причем вне зависимости от их специфики;

– угольные отсеvy, образующиеся на предприятиях ТЭК при классификации углей и выделении фракций, пригодных для сжигания в котлах;

– угольные шламы – высокозольные и мелкодисперсные частицы, являющиеся отходами технологических процессов добычи угля и его обогащения.

Стремление к увеличению валовой добычи угля приводит к тому, что в отдельных угольных районах потери при добыче составляют более 50 % [37]. Техническое состояние многих углеобогачительных фабрик и их технологии таковы, что в отходах углеобогащения содержание угля достигает 25–26 % [37].

Особую проблему представляет угольная пыль, которая наряду с другими пылеобразными веществами попадает в атмосферу на предприятиях, получающих тепловую энергию путем сжигания топлив, – тепловых котельных и других аналогичных предприятиях [37]. Часто для интенсификации процесса горения применяют увеличение расхода воздуха, давления под решеткой, дутья, что приводит к уносу мелких частиц угля. Следствием этого является увеличение удельного расхода топлива ввиду

неполного сгорания унесенных частиц и разрушение оборудования котла, поскольку часто процесс горения происходит за топочной зоной. Установлено, что суммарные потери угля в результате недожога, просыпаний через колосники и выбросов в атмосферу вместе с топочными газами могут достигать 10–12 % [38]. Опасным является и попадание в атмосферу тяжелых металлов, входящих в состав угольной золы и наносящих серьезный урон агроландшафту [38].

Для предотвращения всех негативных последствий важен оптимальный и постоянный гранулометрический состав сжигаемого топлива. Это позволяет повысить полноту сжигания угля и увеличить КПД котла, снизить выбросы угольной пыли и других пылеобразных веществ в атмосферу, уменьшить платежи за загрязнение атмосферного воздуха. Наряду с этим необходимо стремиться к максимально полному использованию углей мелких классов, например отсевов, для уменьшения потребления и ресурсосбережения сортового угля.

Наиболее перспективными методами рациональной утилизации углеродсодержащих отходов являются процессы брикетирования со связующим веществом [39]. Кроме того, утилизация угольных отходов является перспективным решением на сегодняшний день и может позволить увеличить теплотворную способность топливных брикетов.

Отмечено, что для получения качественных брикетов с высокими потребительскими свойствами, удовлетворяющими требованиям по прочности, истираемости, крупности и т. д., необходимо правильно выбрать связующее вещество, от которого во многом зависят конечные свойства продукта.

Параметрами, определяющими свойства связующих веществ, являются химическая природа, состав, а также физические свойства.

Спектр используемых связующих веществ достаточно широк. Их можно разделить на 2 больших класса:

– Органические (например, концентраты сульфитно-спиртовой барды, нефтебитумы, пеки и смолы нефтяного и каменноугольного происхождения и т. д.)

– Неорганические (например, жидкое стекло, цемент, глина, гипсовые связующие, бентонит и т. д.) Связующее вещество необходимо для соединения разобщенных углеродсодержащих зерен и сохранения прочного контакта в условиях внешних воздействий. В зависимости от химической природы свойства вяжущих веществ могут варьироваться в широком диапазоне: от свойств упругих тел до свойств типично вязких материалов [39].

К связующим веществам предъявляют особые требования для обеспечения качества процесса формования [39]:

1. Высокий выход окускованного топлива с нормой прочности 95–98 % [40].

2. Экологическая безопасность: отсутствие вредных веществ в составе связующего или отсутствие их эмиссии в процессе последующего использования получаемого продукта.

3. Надежная и устойчивая работа основного и вспомогательного оборудования при транспорте по трубопроводу сырья и продуктов, смешении, процессах формования.

4. Получение окускованного топлива, соответствующего требованиям предприятий ТЭК.

5. Отсутствие побочных отрицательных эффектов (например, побочные химические реакции, выпадение осадка).

Конкретный анализ применяющихся на сегодняшний день связующих веществ показывает, что не все они соответствуют вышеперечисленным требованиям. Особенно это касается органических связующих веществ, экологическая безопасность применения которых не соответствует необходимым требованиям, в первую очередь по канцерогенной активности. К таким связующим относятся пеки и смолы нефтяного и каменноугольного происхождения, различного рода битумы и т. д. Также в составе некоторых

связующих в значительных количествах присутствуют соединения серы, что делает недопустимым сжигание формованного топлива на их основе ввиду высокой концентрации серосодержащих газов, выбрасываемых в атмосферу [40].

Однако применение одних лишь неорганических связующих отрицательно сказывается на зольности получаемых продуктов, что в свою очередь напрямую влияет на ход процесса сжигания топлива, повышая необходимый расход брикетов и, соответственно, уменьшая производительность котлов.

Таким образом, возникает задача поиска оптимального связующего вещества, являющегося одновременно легко доступным для осуществления процесса формования и, что особенно важно, недорогим, поскольку экономическая составляющая в любой технологии во многом является определяющей. Если в качестве таких веществ использовать отходы с подходящими физическими и химическими свойствами, то проблема выбора связующего с точки зрения экономики будет решена. Кроме того, предполагаемое связующее должно быть транспортабельным и недефицитным, чтобы производство по получению топливных брикетов не было привязано к местам образования отхода-связующего.

В качестве такого вещества перспективным является использование отходов мукомольного производства – пшеничных отрубей, неизбежно образующихся в агропромышленном комплексе.

## 1.2 Способы гранулирования твердых горючих отходов

Наиболее общим способом придания формы веществу является гранулирование – совокупность физических и физико-химических процессов, обеспечивающих формирование частиц определенного спектра, размеров, формы, необходимой структуры и физических свойств [40]. Все вышеперечисленные характеристики изменяются в зависимости от способа гранулирования.

Для топлив из смеси жидкой и твердых фаз на практике наиболее распространены методы [40]:

- прессование, т.е. упрочнение горючих материалов под действием внешних сил и возникающих когезионных связей между частицами при сжатии;

- окатывание, т.е. удаление жидкой фазы и укрепление связей между частицами. Методы этой группы основаны на действии капиллярно-адсорбционных сил сцепления между частицами, приводящих к постепенному уплотнению структуры. Предварительно осуществляется образование агломератов из равномерно смоченных частиц или наслаивание сухих частиц на смоченные ядра – центры гранулообразования;

- экструзия, заключающаяся в продавливании пастообразной массы в виде увлажненной шихты через перфорированные приспособления с последующим разделением гранул, сушкой или охлаждением.

### 1.3 Достоинства и недостатки использования биомассы в виде связующего вещества для угольных пеллет

В научном сообществе в последние годы заметна все большая заинтересованность исследованиями по использованию биомассы для выработки тепловой и электрической энергии. Это связано с тем, что ресурсы биомассы являются возобновляемым источником энергии, благодаря чему очевидно их преимущество над традиционными ископаемыми топливами, запасы которых ограничены. Также важным является экологическая чистота энергии, получаемой из возобновляемых ресурсов, по сравнению с энергией из других видов топлив: при их энергетическом использовании не происходит воздействия на баланс углекислого газа в атмосфере, ведущего к развитию парникового эффекта, и практически не образуются вредные выбросы. Например, растительная биомасса при жизни в процессе фотосинтеза поглощает такое же количество  $\text{CO}_2$ , что и выделяется при ее сжигании [41]. Сера не усваивается растительными организмами из почвы и атмосферы, в связи с чем негативно сказывающиеся на экологии и здоровье людей оксиды

с ее содержанием при сжигании не образуются [42]. Содержание азота в ресурсах биомассы также незначительно и составляет в среднем 1,2 %, однако для большинства разновидностей древесной и травянистой биомассы не превышает 0,7 % [43].

Кроме того, биомасса обладает рядом преимуществ перед другими возобновляемыми источниками, среди которых:

– широкая доступность и разнообразие ресурсов (внедрение технологий переработки биомассы может быть осуществлено практически везде, где растут деревья, возделываются сельскохозяйственные культуры и находятся предприятия по их переработке, а также расположены месторождения торфа);

– независимость от климатического и сезонного факторов (в отличие от солнечной и ветроэнергетики ресурсы биомассы подлежат хранению и могут использоваться в любой момент в целях тепло- и энергоснабжения);

– универсальность (ресурсы биомассы могут быть переработаны в энергетически ценные твердые, жидкие и газообразные продукты).

Для нашей страны в целом и для Сибирского федерального округа (СФО) в частности наиболее перспективным является использование биомассы в качестве сырья для производства топлив. В связи с тем, что сельское хозяйство является приоритетной отраслью экономики Российской Федерации, функционирование предприятий агропромышленного комплекса связано с накоплением большой массы отходов (соломы, отрубей и т.п.), проблема эффективного использования которых требует решения. Сибирский федеральный округ является одним из лидеров по накоплению отходов зерновых производств [44]. Столь внушительные запасы отходов биомассы, а также достаточно большое количество отдаленных регионов (доля сельских жителей составляет в СФО 28 % [45]), энергообеспечение которых осуществляется в основном за счет привозного топлива, делает необходимым внедрение технологий использования низкосортных топлив для производства энергии на местном уровне. Однако на карте учтенных объектов биоэнергетики России [46] прослеживается сосредоточенность их на

Европейской части страны. В связи с этим актуальна задача вовлечения ресурсов биомассы в топливноэнергетический баланс СФО, решение которой позволит не только снизить зависимость отдаленных и труднодоступных регионов от внешних поставок топлива, но и поможет смягчить негативное влияние энергетики на окружающую среду. Среди положительных экологических факторов энергетического использования биомассы выделяют снижение парникового эффекта за счет отсутствия воздействия на баланс углекислого газа в атмосфере; сокращение количества кислотных дождей за счет малого содержания в биомассе оксидов серы и азота; уменьшение пожароопасности и нагрузки на полигоны твердых бытовых отходов за счет их своевременной утилизации [47]. Основной проблемой, препятствующей широкому использованию биомассы для производства энергии, являются ее низкие теплотехнические характеристики. Одним из главных недостатков является высокая влажность сырья, согласно [48] значения для различных видов находятся в диапазоне от 2,5 до 62,9 %. Однако биомасса является гигроскопичным материалом, в связи с чем в зависимости от окружающих условий ее влажность может достигать 90–95 % [49]. Кроме того, содержание углерода в биомассе по сравнению с ископаемыми видами топлив значительно меньше. Перечисленные свойства приводят к низким значениям теплоты сгорания. Еще одним негативным фактором при сжигании биомассы традиционными методами является шлакование и загрязнение поверхностей нагрева. При переработке отходов растениеводства, несмотря на то, что зольность биомассы существенно ниже, чем у углей, наличие большого количества в ее минеральной части компонентов основного состава – калия и хлора, а также низкая температура плавления золы, приводят к возникновению коррозии оборудования [50]. Высокий выход летучих (порядка 80%), присущий ресурсам биомассы, в совокупности с низкой зольностью делает их чрезвычайно пожароопасными при длительном хранении. Также среди недостатков биомассы следует отметить неоднородность фракционного состава, низкую плотность, плохую сыпучесть и слеживаемость [51], что

приводит к проблемам с подготовкой топлива к сжиганию и, как следствие, увеличивает эксплуатационные затраты на производство энергии.

В связи с вышеперечисленным для повышения эффективности использования биомассы в энергетических целях необходима переработка исходного сырья в пригодные для применения в существующем топливосжигающем оборудовании продукты. Среди многочисленных исследований можно отметить направление по производству топливных брикетов [52, 53].

По результатам анализа и обзора научно-технической литературы можно сделать вывод, что получение топливных гранул из отходов угледобычи и биомассы является актуальным решением. Также по результатам литературного обзора конкретизированы проблемы в области исследований, на основании которых поставлены задачи выпускной квалификационной работы.

## **2 Методика исследования в РФ**

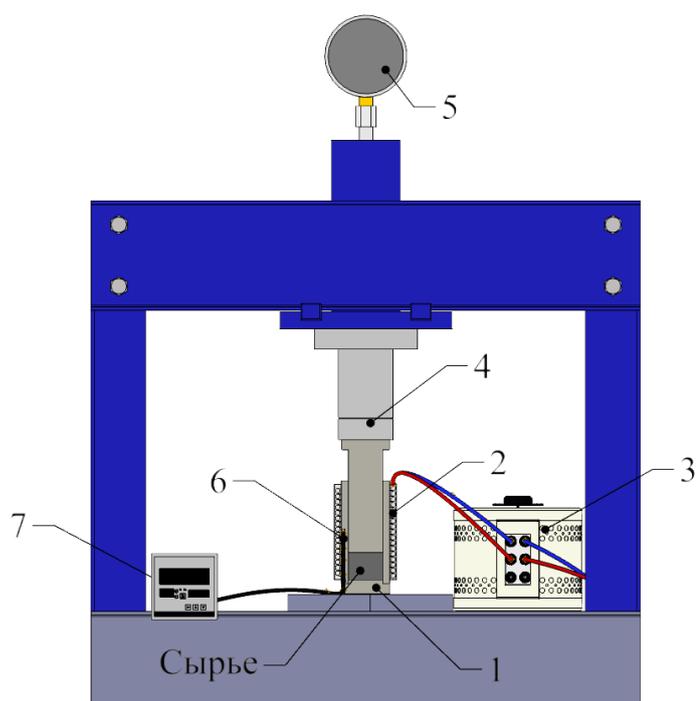
### **2.1 Объект исследования**

В качестве объекта исследования использован каменноугольный штыб с Виноградовского углераза (Кузбасс, Россия). На предмет возможности использования в качестве связующего вещества рассмотрены пшеничные отруби, являющиеся отходами мукомольного производства, одного из близрасположенных к месторождению угля. Отруби рассматриваются предприятием в качестве отходов, так как количество их образования (14–19 % относительно общей массы перерабатываемой пшеницы [54]) превышает на данный момент спрос со стороны покупателей. Использование отрубей в качестве добавки в корма для скота и птиц имеет ограничение: не более 20 % от всего количества рациона [55, 56], превышение этой величины может привести к физическим отклонениям и болезням животных. При этом длительное хранение отрубей нежелательно, так как приводит к образованию и развитию неблагоприятной микрофлоры, появлению неприятного запаха [57].

Теплотехнические характеристики угля определены в соответствии с ГОСТ Р 57016-2016 «Брикеты каменноугольные для энергетических и коммунально-бытовых нужд. Технические требования» [23]. Теплота сгорания образцов измерена при помощи адиабатического бомбового калориметра АБК-1 (РЭТ, Россия). Элементный состав получен при помощи анализатора Vario MicroCube (Elementar, Германия).

## 2.2 Определение оптимальных параметров процесса

Разработан лабораторный стенд гранулирования (рисунок 1). Работа стенда осуществлялась следующим образом: предварительно уголь и отруби сушили при комнатной температуре до достижения воздушно-сухого состояния. Подсушенный уголь измельчали при помощи дробилки ДГЩ 160/100 (Россия) до фракции размером менее 1,0 мм, пшеничные отруби перемалывали в планетарной мельнице Pulverisette 6 (Fritsch, Германия) до пылевидного состояния (размер частиц менее 200 мкм).



1 – пресс-форма, 2 – нагревательный элемент, 3 – автотрансформатор TDGC2-2-B, 4 – гидравлический пресс T61220F, 5 – манометр, 6 – термопара K-type, 7 – термометр TM5104

Рисунок 1 – Лабораторный стенд по гранулированию биомассы

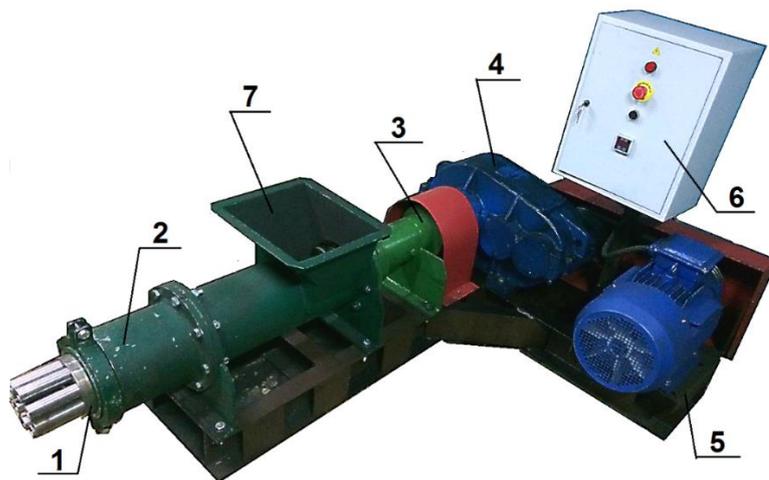
Перед формованием к измельченному углю добавляли измельченные отруби в количестве от 4 до 20 % (масс.), полученную смесь смачивали различным количеством воды до достижения её влажности 10–35 %, перемешивали миксером MX-800 (DEXP, Китай). Формование проводили на лабораторной установке по гранулированию биомассы (рисунок 1). Образцы загружали в пресс-форму 1 (внутренний диаметр 20 мм) в количестве 5–10 г.

Пресс форму 1 помещали в гидравлический пресс Т61220F (АЕ&Т, Китай) 4. В процессе прессования пресс-форму 1 нагревали до температуры 120–160 °С при помощи нагревательного элемента 2, подключенного к автотрансформатору TDGC2-2-В (Solby, Китай) 3. Температуру pellets регистрировали при помощи термопары 6, размещенной в пресс-форме 1, и термометра ТМ5104 (Элемер, Россия) 7. При достижении необходимого значения температуры пресс-форму 1 выдерживали в стационарном режиме в течение 5 минут, после чего охлаждали естественным путем. При этом усилие пресса снимали. После охлаждения pellets извлекали из пресс-формы 1.

При исследовании оптимальных параметров формования изучали влияние соотношения компонентов, исходной влажности смеси, усилие прессования и температуры на прочностные характеристики pellets.

### 2.3 Промышленная апробация

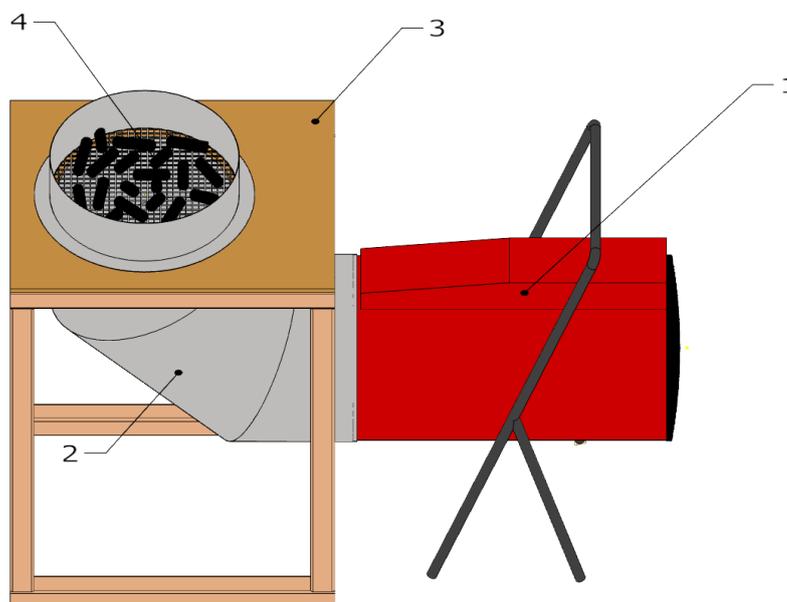
Для апробации результатов лабораторных исследований применительно к промышленному использованию изготовлена установка гранулирования (рисунок 2) производительностью по исходному сырью 1 тонна в час. Установка состоит из фильеры, шнекового пресса, соединительной муфты, редуктора, электродвигателя и щита автоматического управления.



- 1 – фильера (8 отверстий диаметром 20 мм), 2 – шнековый пресс,  
3 – соединительная муфта, 4 – редуктор, 5 – двигатель, 6 – щит управления,  
7 – загрузочный бункер

Рисунок 2 – Промышленная установка по гранулированию биомассы

Работа установки осуществлялась следующим образом. Из измельченного угля (фракция размером менее 1,0 мм) и отрубей (фракция размером менее 0,2 мм) получали формовочную смесь согласно условиям, приведенным в пункте 2.1, после чего её подавали в шнековый пресс 2 через загрузочный бункер. Шнековый пресс 2 приводили в движение сигналом с щита управления 6 при помощи электродвигателя 5, редуктора 4 и соединительной муфты 3. Изготавливаемые в процессе работы установки пеллеты собирали, раскладывали на металлической решетке с размером ячейки 8 мм и сушили. Сушку осуществляли до достижения воздушно-сухого состояния в естественных условиях при температуре 20 °С, а также на сушильном стенде (рисунок 3) при температуре 60–110 °С.



1 – теплогенератор ЕН 15 R (ПРОРАБ, Россия), 2 – отвод, 3 – рама,  
4 – металлическая сетка

Рисунок 3 – Сушильный стенд

#### 2.4 Теплотехнические характеристики

К теплотехническим характеристикам топлива относятся теплофизические свойства, которые оказывают существенное влияние на процесс горения, эксплуатацию топок, камер сгорания и устройств для транспортировки, хранения и подготовки топлива к сжиганию: содержание

горючих веществ, влаги, минеральных примесей, удельную теплоту сгорания, физико-механические характеристики (плотность, вязкость и др.). Для твёрдого топлива важными характеристиками являются также выход летучих веществ, свойства кокса и золы.

Теплотехнические характеристики пеллет определялись аналогично исходному углю, теплота сгорания – при помощи адиабатического бомбового калориметра АБК-1 (РЭТ, Россия).

## 2.5 Механические характеристики пеллет

Разрушение формованного топлива (пеллет и брикетов) при транспортировке и погрузочно-разгрузочных работах снижает эффективность его использования при сжигании, затрудняет автоматизацию процесса подачи топлива. В этой связи согласно ГОСТ Р 57016–2016 «Угольные брикеты для энергоснабжения и бытовых нужд. Технические характеристики» [23] к формованному топливу предъявляются требования по механическим характеристикам, включая прочность формованного топлива после испытания сбрасыванием, а также после испытания на истирание.

### 2.5.1 Испытания на сбрасывание

Испытания проводят в соответствии с ГОСТ 21289-75 «Угольные брикеты. Методы определения механической прочности» [55], согласно которому предварительно взвешенное формованное топливо загружают в ящик с открывающимся дном и помещают его над металлической плитой на высоте 1,5 м. Открыв запирающую створку дна приспособление, сбрасывают формованное топливо на плиту. Собрав топливо с плиты, в том числе и отдельные куски их, попавшие за борт плиты, снова загружают ящик и повторяют сбрасывание. После четвертого сбрасывания испытываемые куски топлива собирают и взвешивают. Механическую прочность формованного топлива после испытания сбрасыванием ( $S_M$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$S_M = \frac{m}{M} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m$  – масса формованного топлива (кг) после испытания с размерами частиц 3,15 мм и более;

$M$  – масса формованного топлива до испытания, кг.

### 2.5.2 Испытания на истирание

Сущность метода согласно ISO 17831-1:2015 «Твердое биотопливо. Определение механической прочности пеллет и брикетов. Часть 1. Пеллеты» [56] состоит в том, что испытываемую пробу подвергают ударам в контролируемых условиях путем столкновения формованного топлива друг с другом и со стенками вращающегося короба аппарата для испытания. Механическую прочность рассчитывают, исходя из первоначальной массы испытываемой пробы, из которой предварительно удалили мелкие частицы (менее 3,15 мм), и массы пробы после испытания и удаления из нее мелочи. Механическую прочность пеллет при истирании на рабочее состояние, %, вычисляют по формуле:

$$DU^r = \frac{m_A}{m_E} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $m_A$  – масса пробы после обработки во вращающемся коробе и отсева, кг;

$m_E$  – масса навески пробы, отобранная для испытания, кг.

### 2.6 Изучение структуры образцов пеллет

Структуру пеллет исследовали методом сканирующей микроскопии на электронном микроскопе VEGA 3 SBU (TESCAN, Чехия). Перед анализом поверхность пеллет покрывалась нанодисперсным слоем золота при помощи магнетронного напылителя SKNY для создания токопроводящего слоя.

### 2.7 Дифференциальный термический анализ

Для определения температуры воспламенения ( $t_i$ ) исходного сырья (каменного угля и пшеничных отрубей) и изготовленных из него топливных гранул (пеллет), а также температуры окончания процесса горения, проведены термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) на синхронном термоанализаторе STA 449 F5 Jupiter (Netzsch, Германия). Параметры проведения анализа следующие: скорость

нагрева образцов – 10 °С/мин, температурный интервал нагрева – 20–1000 °С. Анализы выполнены в среде воздуха (расход 20 мл/мин).

Исходные уголь и отруби анализировались в пылевидном состоянии (размер фракций менее 200 мкм). Для анализа топливных композиций из угля и отрубей при помощи специальной прессформы диаметром 3 мм изготавливались топливные гранулы массой 20 мг.

### 3 Результаты и анализ полученных данных

#### 3.1 Характеристики исходного сырья

В таблице 1 представлены характеристики каменноугольного штыба и пшеничных отрубей, рассматриваемых в качестве исходного сырья для изготовления топливных гранул.

Таблица 1 – Характеристики исходного сырья

Образец	Влажность, $W^a$ , %	Зольность на сухую массу, $A^d$ , %	Выход летучих, $V^{daf}$ , %	Низшая теплота сгорания, $Q_i^r$ , MJ/kg	Элементный состав сухого беззольного вещества, %				
					$C^{daf}$	$H^{daf}$	$N^{daf}$	$S^{daf}$	$O^{daf}$
КУ штыб	7,6	4,1	39,0	27,8	74,11	5,32	2,34	0,52	17,71
Пшен. отруби	10,2	5,2	84,2	16,6	48,08	6,86	3,02	0,07	41,97

Согласно ГОСТ Р 57016-2016 [17] формованное топливо должно иметь низшую теплоту сгорания в рабочем состоянии ( $Q_i^r$ ) не менее 16,75 МДж/кг, зольность в пересчете на сухое состояние ( $A^d$ ) – не более 25 %, массовую долю серы в пересчете на сухое состояние ( $S^d$ ) – не более 1 %. Из таблицы 1 видно, что характеристики каменноугольного штыба соответствуют значениям, предъявляемым требованиями ГОСТ. Более того, исследуемый штыб по значениям теплотехнических характеристик сопоставим с наиболее ценными марками каменного угля в Российской Федерации [55]. Теплота сгорания пшеничных отрубей ниже требуемого значения на 0,15 МДж/кг. По содержанию серы оба топлива удовлетворяют требованиям стандарта. Имеющиеся характеристики указывают на пригодность совместного использования каменноугольного штыба и отрубей для формования топлива на их основе.

#### 3.2 Формование гранулированного топлива (пеллет)

Процесс формования топлива из смеси каменноугольного штыба и пшеничных отрубей без добавления воды осуществить не удалось: полученное

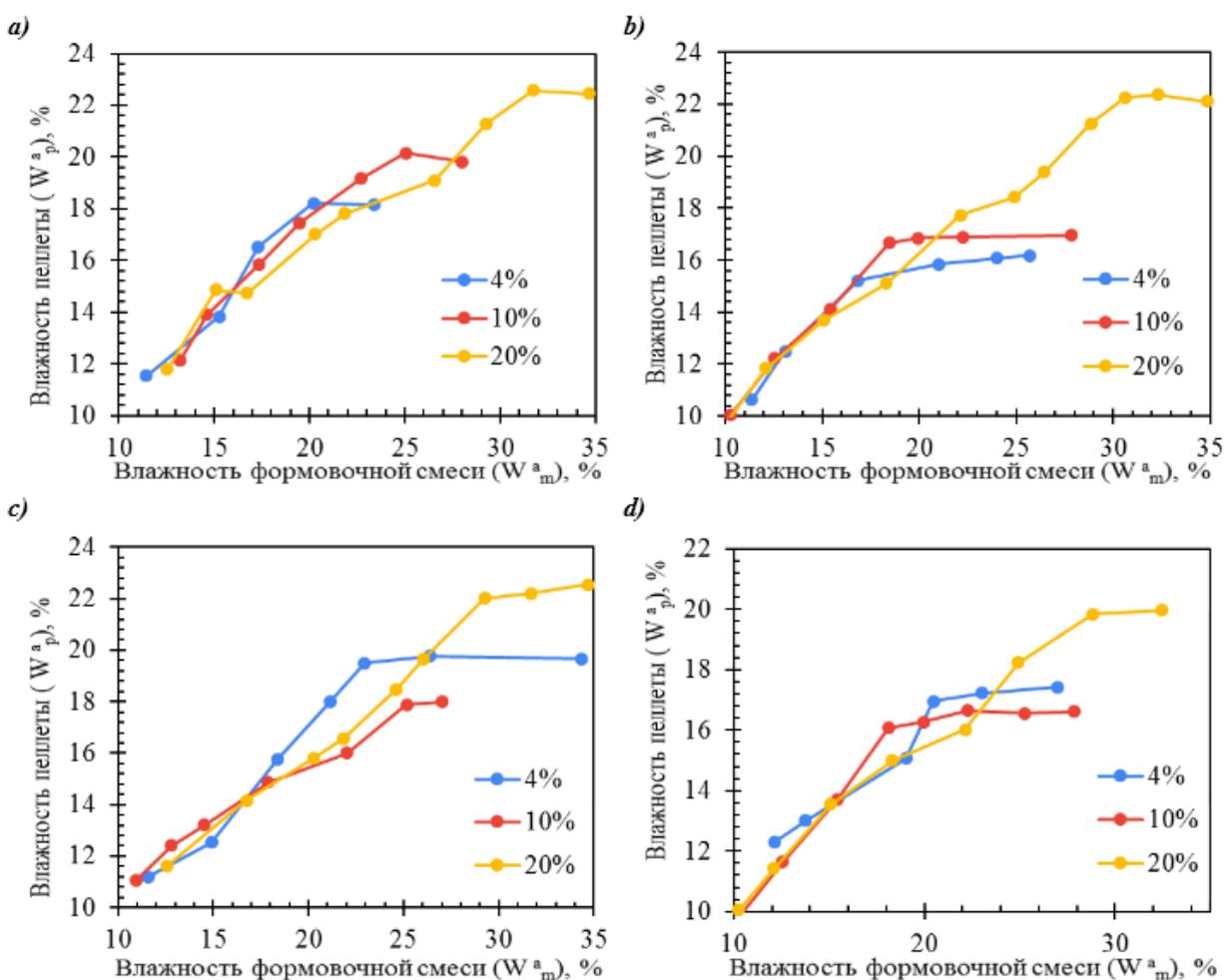
таким образом топливо теряет форму при извлечении его из прессформы, разрушается при механических испытаниях. В связи с этим было изучено влияние добавления воды на процесс формования.

Количество содержащейся в формованном топливе воды оказывает существенное влияние на процесс его прессования и характеристики: с увеличением количества воды в формуемом сырье резко снижается механическая прочность изготавливаемого топлива, увеличивается крошимость, снижается теплота сгорания, согласно [16]. Более того, наличие влаги в формовочной смеси приводит к дополнительным затратам на сушку получаемого топлива и подготовку к сжиганию.

Однако при определенном влагосодержании вода в сырье в процессе прессования не обладает свойствами свободной и может рассматриваться как одно целое с твердым веществом. Согласно [16], например, для торфа такое влагосодержание составляет от 0 до 17 %, при котором частицы торфа обладают наибольшим объемным весом. При данном влагосодержании в процессе формования получали наиболее прочное топливо из органического сырья. Авторы [16] объясняли это тем, что сжатие системы адсорбционными силами приводит к упрочнению формуемого топлива.

В связи с вышеописанным изучено влияние влажности формовочной смеси в процессе прессования на итоговое влагосодержание пеллет (рисунок 4). Необходимо ответить, что при добавлении воды в формовочная смесь становится более вязкой, сформованное топливо имеет геометрически выдержанную и прочную форму. Видно, что с увеличением влажности формовочной смеси в исследуемом диапазоне влажность пеллет увеличивается до 16–22 %, после чего рост влажности гранул не наблюдается, что связано с выдавливанием части воды при формовке. Это позволяет сделать вывод, что при влажности формовочной смеси не более 16–22 % содержащаяся в нем влага может рассматриваться в качестве адсорбционной и капиллярно-связанной. Величина этой влаги увеличивается с ростом доли отрубей в их составе: при содержании 4 % масс. отрубей в составе

формовочной смеси величина влаги составляет 16–19 %, при содержании 10 % масс. – 17–20 %, при содержании 20 % масс. – 19–22 %. При этом с увеличением давления прессования влагосодержание снижается. Таким образом, при дальнейшем исследовании подготавливали формовочную смесь влажностью 19 %, характерной для всего рассмотренного диапазона добавки отрубей.



a) – усилие пресса 2,5 т; b) – усилие пресса 5 т;

c) – усилие пресса 7,5 т; d) – усилие пресса 10 т.

Рисунок 4 – Зависимость влажности пеллет, изготовленных с долей отрубей 4, 10 и 20 % масс., от исходной влажности формовочной смеси и усилия пресса (без нагрева)

На рисунке 5 представлены результаты измерения механической прочности пеллет в зависимости от температуры прессования. Ранее проведено исследование [54] по термическому прессованию пшеничных

отрубей, по результатам которого установлен оптимальный температурный диапазон их формования – 120–160 °С. Исходя из того, что отруби являются связующим веществом при формовании pellets угольного штыба, в настоящей работе температурный диапазон прессования выбран аналогично оптимальному диапазону для отрубей.

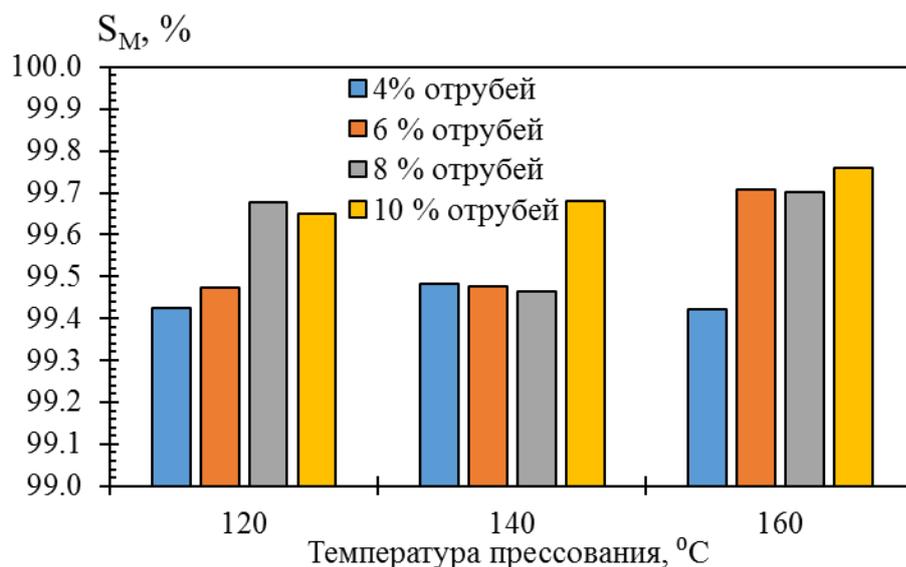
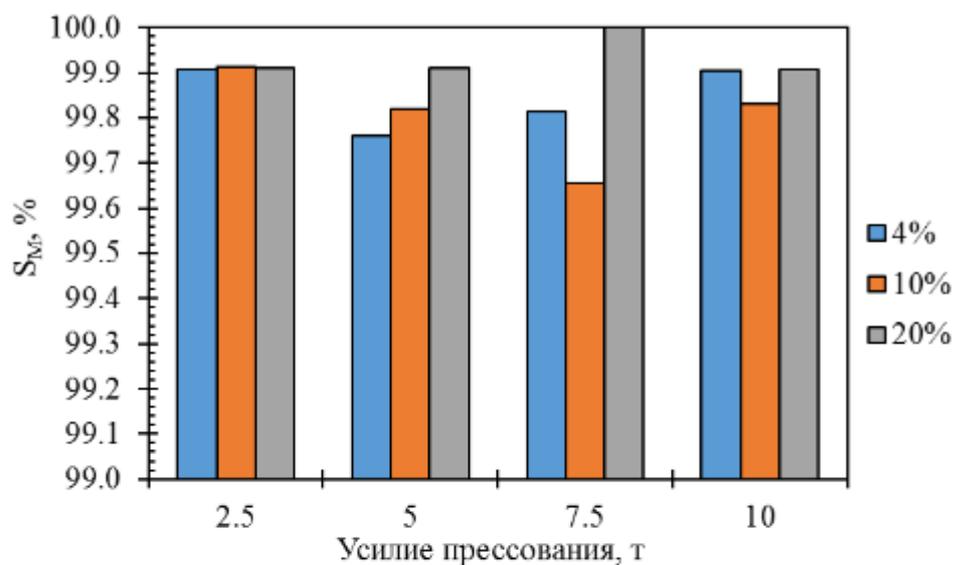


Рисунок 5 – Зависимость прочности pellets  $S_M$  на сбрасывание от температуры прессования (усилие пресса 5 т)

Как видно из рисунка 5, температура прессования в рассмотренном интервале 120–160 °С не оказывает существенного влияния на прочность pellets при сбрасывании ( $S_M$ ): разница в величине  $S_M$  при различных значениях температуры нагрева не превышает 0,30 % для pellets с одним и тем же содержанием отрубей, что укладывается в величину погрешности метода проведения испытаний. При этом необходимо отметить, что увеличение доли отрубей в составе pellets приводит к росту их показателя прочности на сбрасывание  $S_M$ . Исходя из минимизации затрат на изготовление pellets, за оптимальное значение для термического прессования принята температура 120 °С.

На рисунке 6 показаны результаты испытаний pellets, полученных прессованием при 120 °С и различным усилием прессования (от 2,5 до 10 т).

a)



b)

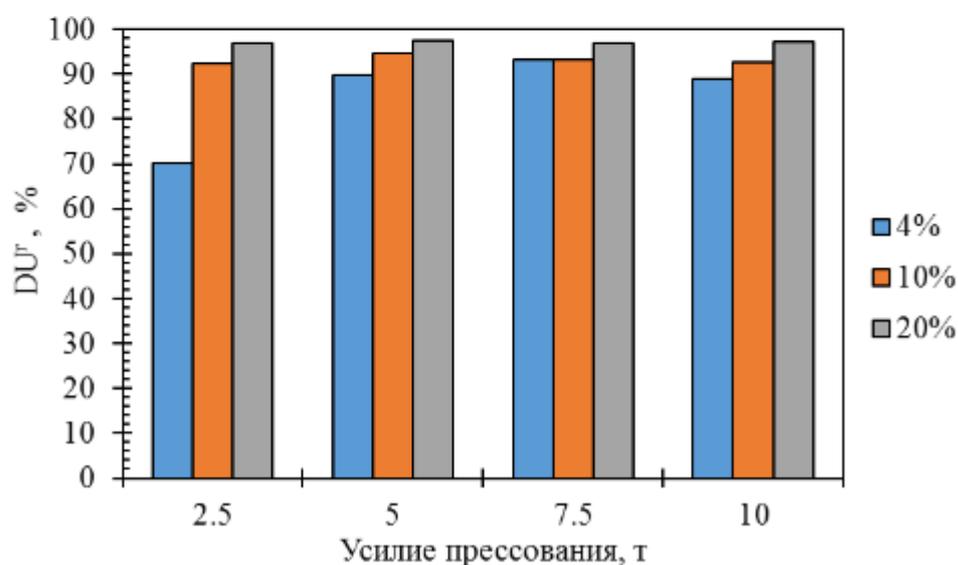
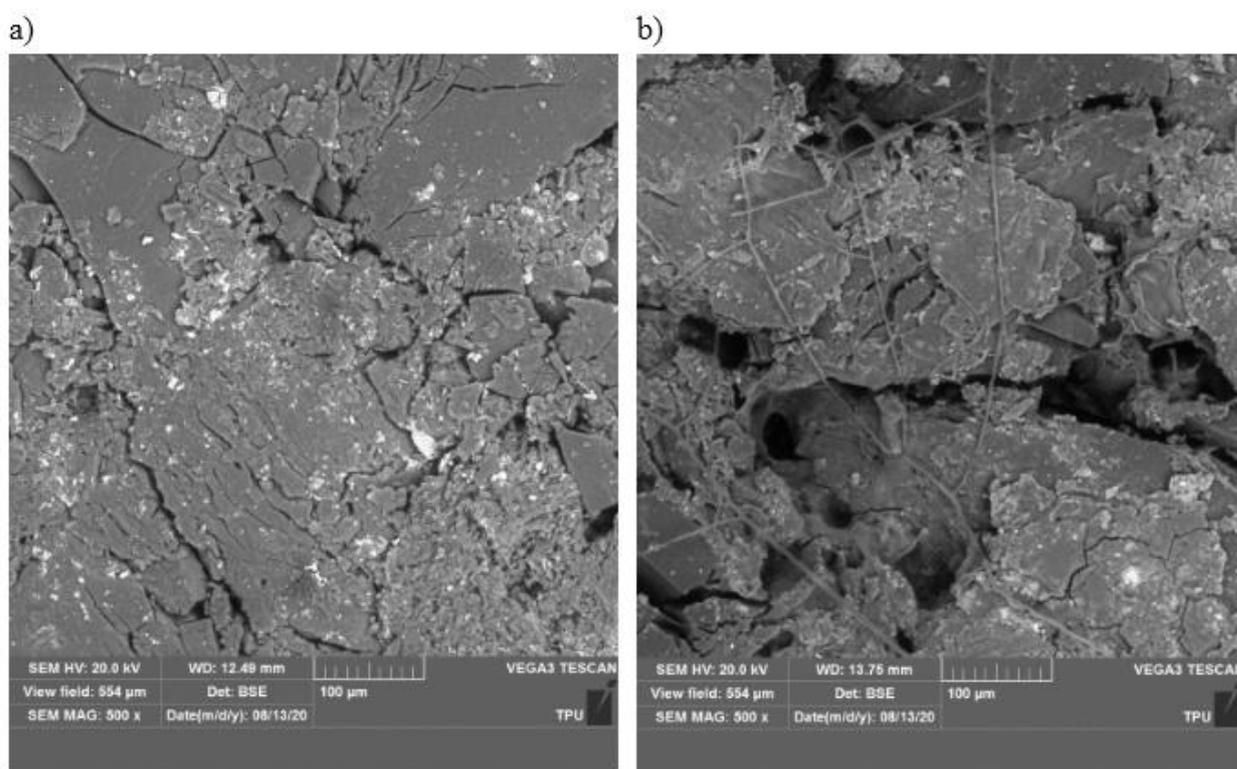


Рисунок 6 – Зависимость прочности пеллет на сбрасывание  $S_M$  (a) и истирание  $DU^r$  (b) от величины давления прессования (температура прессования 120 °С)

Видно, что пеллеты имеют высокую прочность на сбрасывание, практически не зависящую от величины давления прессования и доли добавки отрубей. Однако по результатам испытания пеллет на истирание установлено, что давление прессования имеет важную роль при низком содержании отрубей в составе пеллет (менее 10 % масс.). Напротив, при содержании отрубей в составе пеллет 10 % мас. и более изменение давления прессования от 2,5 до

10 т не привело к несущественному изменению показателя прочности на истирание  $DU^r$  (0,1–2,4 %).

Как видно из результатов (рисунки 5 и 6), добавка отрубей позволяет получить топливные гранулы с механическими характеристиками, удовлетворяющими требованиям стандартов к формованному топливу. При этом увеличение доли отрубей благоприятно сказывается на прочности пеллет (рисунок 6, б). Это обусловлено тем, что в процессе прессования волокна отрубей пронизывают систему из частиц угля, образуя вокруг них прочный скелет. На примере СЭМ-изображения пеллеты с 20 %-ым содержанием отрубей можно увидеть (рисунок 7, б), что волокна, образующие упрочняющий скелет, выступают в роли армирующих нитей, связывающих частицы угля и обеспечивающих высокую прочность (рисунок 6, б).



а) – без добавления отрубей; б) – с содержанием 20 % масс. отрубей в своем составе

Рисунок 7 – СЭМ-изображения пеллет

На основе результатов, полученных на лабораторном оборудовании, определены условия прессования пеллет: влажность исходной смеси 16–19 %,

доля пшеничных отрубей в составе формовочной смеси от 4 до 20 %, температура прессования 120–160 °С, усилие прессования 2,5–10 тонн.

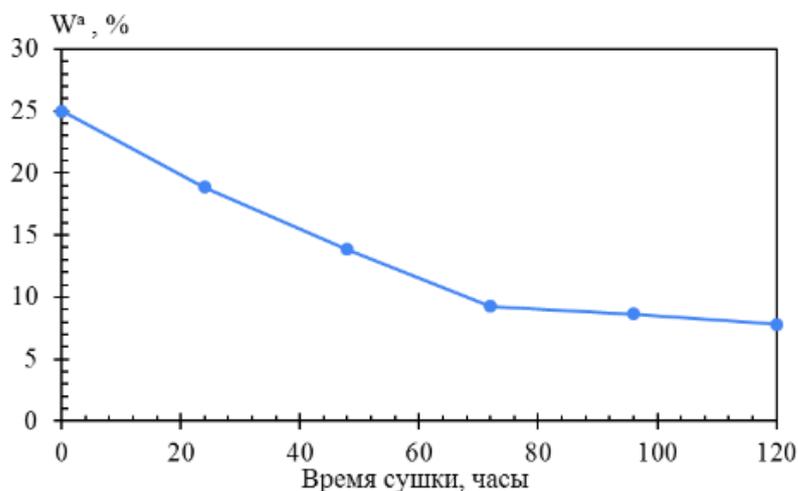
Установленные на лабораторной установке параметры изготовления пеллет масштабированы применительно к промышленным условиям. Для этого формовочную смесь загружали в промышленную установку со шнековым прессом (рисунок 2). В процессе работы установки за счет силы трения, возникающей при истирании, корпус установки разогревался до 121 °С (температура измерена при помощи пирометра KOMOLOFF 410 C), что соответствовало установленному в лабораторных условиях температурному режиму. Однако из-за непродолжительного пребывания формовочной смеси в промышленной установке (производительность 1 т/час), после формования появляется необходимость в сушке пеллет. На рисунке 8 показана динамика сушки пеллет до близкого к воздушно-сыхому состоянию при естественных условиях (20 °С) и в сушильном стенде (рисунок 3) при обогреве нагретым сушильным агентом (воздухом). Характеристики пеллет приведены в таблице 2, из которой видно, что пеллеты, полученные при доле отрубей 10 % масс. и более, соответствуют требованиям ГОСТ Р 57016-2016 [17].

Как видно из таблицы 2, с увеличением доли отрубей в составе пеллет их теплота сгорания снижается. В связи с этим необходимо стремиться к минимизации добавки отрубей при изготовлении пеллет. В свою очередь, прочностные характеристики на истирание (рисунок 6) повышаются с увеличением доли отрубей в составе пеллет. Таким образом, оптимальным соотношением каменноугольного штыба и отрубей можно считать 90/10. Изображения этих пеллет после механических испытаний приведены на рисунке 9.

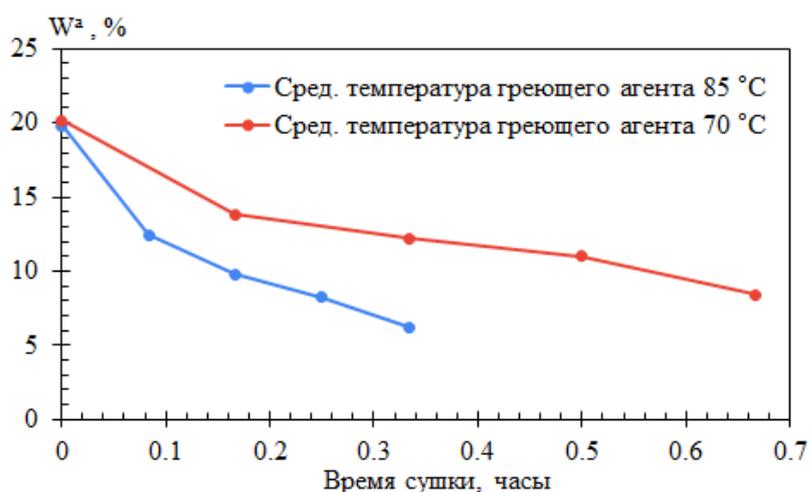
Необходимо отметить, что экспериментально установленная зольность полученных пеллет ниже значений, определенных сложением зольности исходных компонентов (таблица 1) с учётом их доли в составе пеллет. Это наблюдение также отмечено в работах [27], где происходило снижение зольности при смесевом сжигании топлив по отношению к исходным

компонентам. Снижение можно объяснить тем, что в качестве метода определения зольности пеллет выбран ISO 1171:2010 с температурой проведения испытания 815 °С. В свою очередь, зольность биомассы определена при 575 °С (ASTM E1755-01). В работе [54] показано, что часть компонентов минеральной части растительной биомассы при температурах выше 515 °С переходят в газофазное состояние (например, соединения калия и натрия). При этом отмечается, что с ростом температуры сжигания биомассы увеличивается доля минеральной части, переходящая в газофазное состояние, а значит снижается величина зольного остатка.

a)



b)



a) – естественные условия; b) – сушка нагретым воздухом

Рисунок 8 – Изменение влажности пеллет в процессе сушки

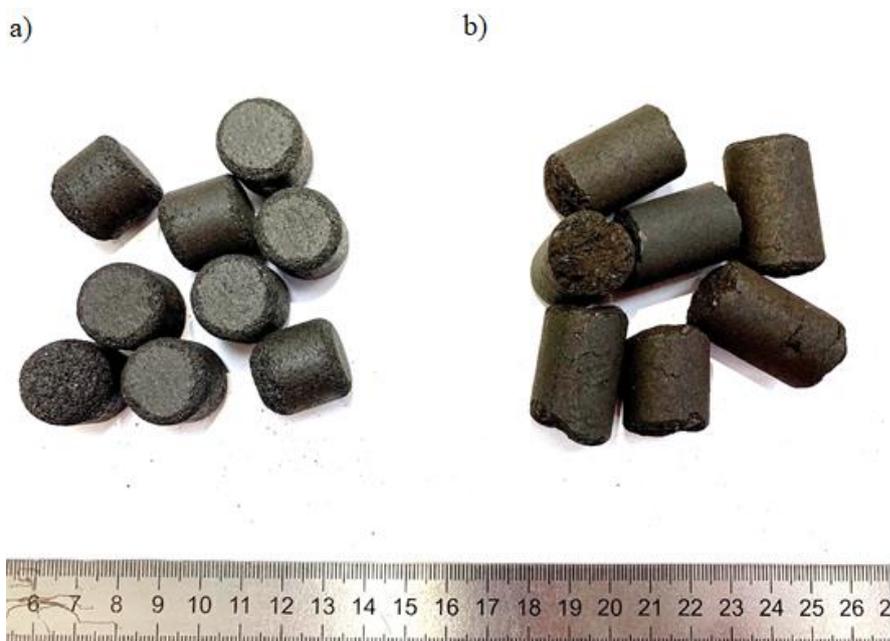


Рисунок 9 – Фотография пеллет (10 % отруби, 90 % каменноугольный штыб) после механических испытаний истиранием, полученные в лабораторных (а) и промышленных условиях (б)

Таблица 2 – Характеристики пеллет с различным содержанием связующего вещества

Доля отруби, %	Влажность, $W^a$ , %	Зольность на сухое вещество, $A^d$ , %	Летучие вещества, $V^{daf}$ , %	Низшая теплотворная способность, $Q_i^r$ , MJ/kg	Механическая прочность, %	
					сбрасывание $S_M$	истирание $DU^r$
4	6,5	4,1	44,9	27,6	94,9	72,3
10	6,9	4,1	47,3	26,7	99,0	90,0
20	7,3	4,0	49,5	24,8	99,3	96,5

### 3.3 Сжигание пеллет

Результаты термического анализа в среде воздуха (ТГ и ДСК) приведены на рисунке 10. Видно, что отруби в порошкообразном виде, воспламеняются при температуре  $(t_i)_b = 210$  °С. Наиболее интенсивное тепловыделение наблюдается при 280 °С, что, вероятно, соответствует стадии горения выделившихся летучих веществ. Стадия догорания коксового остатка наблюдается в интервале температур 300–520 °С.

Воспламенение каменноугольного штыба  $(t_i)_{cw}$  происходит при температуре 330 °С. Наиболее интенсивное тепловыделение (стадия горения летучих) наблюдается при 410 °С, догорание коксового остатка осуществляется в интервале температур 415-540 °С.

С увеличением доли отрубей в составе пеллет температура воспламенения  $(t_i)_p$  снижается от 300 °С (доля отрубей 4 %) до 210 °С (доля отрубей 10 и 20 %). Такие температуры характерны для пшеничных отрубей в порошкообразном состоянии. Более того, процесс горения пеллет с содержанием отрубей 10 % и более практически идентичен горению чистых отрубей. При этом величина несгоревшего остатка пеллет ниже, чем у исходных компонентов (каменноугольного штыба и пшеничных отрубей) по отдельности, что подтверждает данные таблицы 2.

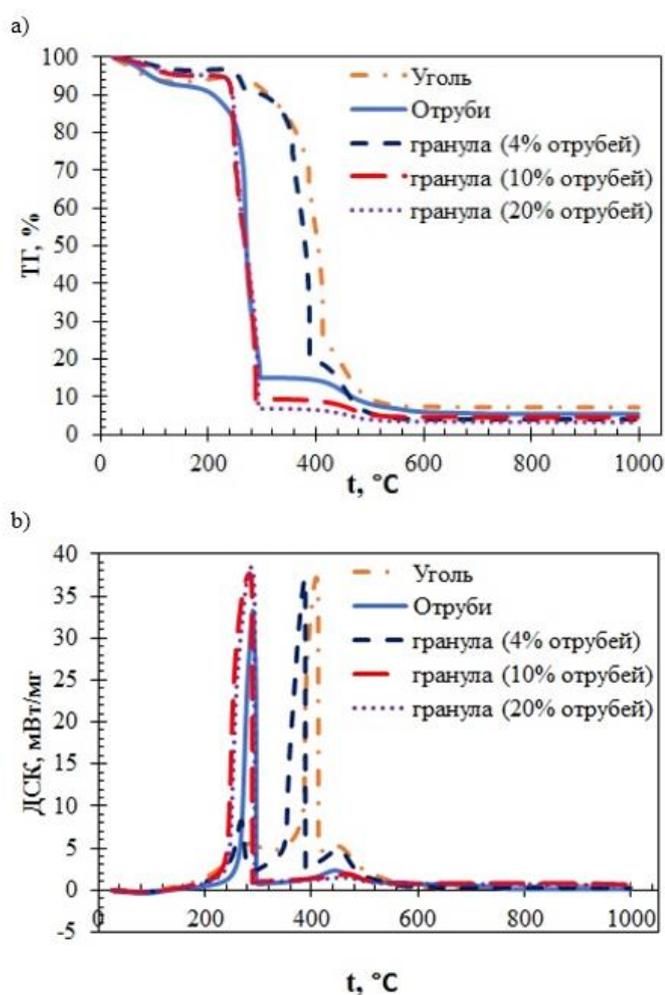


Рисунок 10 – Кривые термогравиметрического анализа ТГА (а) и дифференциальной сканирующей калориметрии (б)

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5BM11	Мусафиров Диас Ерланович

<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ им. И.Н. Бутакова</b>
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.03 Энергетическое машиностроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент - 1,3; - коэффициент доп. заработной платы - 1,15; - накладные расходы – 20%; - норма амортизации 20%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

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

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Проведение конкурентного анализа. Определение и сегментирование целевого рынка. SWOT-анализ проекта.
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	Формирование плана и графика проекта: - определение структур работ; - определение трудоемкости работ; - разработка диаграммы Ганта.
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Составление календарного плана проекта. Определение структуры работ. Подсчет бюджета исследования. Смета затрат на проект.
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Разработка инвестиционного плана и оценка рисков.

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>
5. <i>Потенциальные риски</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	канд. экон. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5BM11	Мусафиров Диас Ерланович		

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

При рыночной экономике эффективное развитие предприятия может быть обеспечено только с присутствием грамотной проработки его финансовой системы. Заметно возрастает значение оценки конкурентоспособности разработки, а также расчет капитальных инвестиций и годовых эксплуатационных расходов проектируемого объекта.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является расчет финансовой эффективности проекта котельного агрегата. Такое обоснование позволяет находить оптимальные решения при проектировании котельного агрегата и его элементов, а также предотвращать излишние затраты и повышать надежность конструкции [57].

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

#### 4.1.1 Анализ потенциальных потребителей результатов исследования

Для решения задачи анализа потенциальных потребителей необходимо провести исследование целевого рынка и его сегментирование.

В рамках данной работы под целевым рынком понимаются сегменты рынка, на котором в будущем возможна продажа разрабатываемого топлива. Сегментом рынка является выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих общими признаками.

Целевым рынком для данной работы является рынок производственных предприятий, тепло и электростанций, работающих на пылеугольном топливе.

#### 4.1.2 Анализ конкурентоспособности технических решений

Анализ конкурирующих разработок проводится систематически, поскольку новые проектные решения на рынке появляются постоянно. Конкурентоспособность в рыночной экономике является основным фактором коммерческого успеха предприятия. В свою очередь, зависит от качества менеджмента и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Такой

анализ помогает вносить поправки в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

С позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки, а также определить направления для её будущего повышения.

Анализ конкурентоспособности композитного топлива на основе угля и древесины позволяет определить наиболее вероятную позицию на рынке. Анализ конкурентных технических решений необходимо проводить с целью внесения коррективов в научное исследование. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Конкурентными разработками в данном случае будут являться композиционные топлива на основе угля и рисовой шелухи (У/Р) и топлива на основе угля и древесных опилок (У/Д). В таблице 3 приведена экспертная оценка основных технических характеристик данных смесей.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 3 подбираются исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [58]:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		У/МО	У/Д	У/Р	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1.Повышение производительности труда пользователя	0,12	3	2	2	0,33	0,22	0,22
2.Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	3	3	3	0,45	0,45	0,45
3.Помехоустойчивость	0,03	4	4	4	0,1	0,1	0,1
4.Энергоэкономичность	0,08	3	3	3	0,25	0,25	0,25
5.Надежность	0,18	4	4	4	0,72	0,72	0,72
6.Уровень шума	0,05	3	3	3	0,11	0,11	0,11
7.Безопасность	0,24	5	4	4	1,27	1,0	1,0
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1.Конкурентоспособность продукта	0,02	2	2	2	0,05	0,05	0,05
2.Уровень проникновения на рынок	0,03	3	3	3	0,08	0,08	0,08
3.Цена	0,07	3	2	2	0,17	0,1	0,1
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	4	0,5	0,3	0,3
5.Итого	1	38	34	34	4,12	3,37	3,37

По итогам данной таблицы конкурентоспособность данного проекта составила 4,12, а у конкурентов 3,37 на основании этого можно сделать вывод, что данный проект является конкурентоспособнее в сравнении с конкурентами.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [58].

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, а также в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. SWOT анализ для данной работы представлен в таблице 4.

Таблица 4 – SWOT-анализ

Возможности/угрозы проектируемого объекта	Сильные стороны проектируемого объекта:	Слабые стороны проектируемого объекта:
	Сильные стороны проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта; С3. Снижение выбросов антропогенных газов электростанцией	Слабые стороны проекта: Сл1. Большое количество конкурентов Сл2. Сложность измельчения материала до однородности Сл3. Сложность в транспортировке и хранении биомассы.
Возможности: В1. Экономия природного топлива и частичный переход на возобновляемый источник энергии; В2. Снижение затрат на уголь; В3. Снижение стоимости за единицу производимой энергии за счет снижения расходов на топливо.	Результаты анализа матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:	Результаты анализа матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:
	Введение предложенной технологии позволяет повысить экономичность и энергоэффективность тепловых электрических станций. Технология позволяет сократить выбросы антропогенных газов в атмосферу и, за счет снижения затрат на уголь, снизить стоимость за единицу производимой электроэнергии	Сложность в транспортировке и хранении топлива является весомой и нерешенной проблемой, которую необходимо будет решать в ходе эксплуатации нововведения.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данный вид смесового топлива. У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции. У3. Развитая конкуренция	Могут быть предъявлены повышенные требования к надежности работы энергетического котлоагрегата, использующего данный вид топлива. Следует уделить внимание технике безопасности при работе на оборудовании для подготовки предлагаемого топлива. Низкая себестоимость данного вида топлива позволяет конкурировать на рынке.	Отсутствие необходимого оборудования и длительный срок поставок комплектующих материалов может повлечь за собой отсутствие спроса на данную технологию.

В данном разделе были описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо совершенствовать технологию транспортировки и хранения предлагаемого топлива.
2. Необходимо искать решения по снижению стоимости данного вида топлива для возможности конкурировать на рынке.
3. Для осуществления предлагаемой технологии необходимо готовить кадры, внося несущественные изменения в технику безопасности и правила эксплуатации котельного агрегата, использующего данный вид топлива.
4. Для снижения риска возникновения чрезвычайной ситуации необходимо проводить инструктаж по технике безопасности и следить за работой оборудования при эксплуатации оборудования.

#### 4.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

##### 4.2.1 Цели и результаты проекта

Для того, чтобы четко определить цели данного проекта необходимо провести анализ и выявить заинтересованные стороны проекта. В таблице 5 представлена информация по заинтересованным сторонам проекта.

Таблица 5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Государство	Сокращение мукомольных отходов, и сокращение расхода потребления угля как невозобновляемого энергетического ресурса.
Электростанция	Уменьшение выбросов антропогенных газов, снижение затрат на уголь.
Томский политехнический университет	Увеличение научных разработок, повышающих статус ВУЗа.

Цели и результат проекта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Экспериментальное исследование по определению влияния добавления в топливный состав древесных отходов на энергетические, экологические и экономические характеристики.
Ожидаемые результаты проекта	Расчет оптимальной концентрации смеси отруб-угольного топлива для максимальной эффективности сгорания такого топлива.
Критерии приемки результата проекта	Предоставление методики выполнения исследования, полнота, актуальность и объективность данных, структурированное изложение результатов проекта.
Требования к результату проекта	Эффективность использования данного топлива на предприятиях.

#### 4.3 Планирование научно-исследовательских работ

##### 4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

На этапе организационной структуры работы проекта решались следующие вопросы: определить, кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники, инженеры, руководитель проекта, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Рабочая группа проекта состоит из научного сотрудника, координирующего деятельность проекта и исполнителя, выполняющего работы по проекту.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;

- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей [58]

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель и инженер
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение предварительных расчетов и обоснований	Инженер
	6	Очистка и измельчение биомассы	Научный руководитель и инженер
	7	Определение энергетических характеристик смесового топлива	Инженер
	8	Определение количества газов, выбрасываемых в атмосферу при использовании топлива	Инженер
	9	Оценка и обсуждение результатов	Инженер
	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Оформление отчетов НИР	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно- технической документации)	Инженер

#### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула [58]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 % [58].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

В таблице Б.1 [Приложение Б] приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работы.

#### 4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни [58]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле [58]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (7)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в приложение Б.

На основе таблицы Б.1 строится календарный план-график (таблица Б.2). График строится для максимального по длительности исполнения работ.

Как видно из таблицы, основное время занимает выполнение проекта на оценку эффективности полученных результатов. Следовательно, для роста производительности труда необходимо внедрять современные технологии и программы, а также совершенствовать организацию производства и труда.

#### 4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ обеспечиваем полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета используем следующие группировки по статьям [58]:

- материальные затраты НТИ;
- амортизационные отчисления;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В процессе расчета заработной платы будем воспринимать студента как будущего инженера.

#### 4.4.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на инструменты, материалы и другие предметы, необходимые для достижения целей проекта.

Список и стоимость материалов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Объем потребления	Цена за единицу	Итого, руб.
Электроэнергия	Кол. часов работы x потреб. мощн	300 ч x 100 Вт = 30 кВт·ч	5,8 кВт·ч	174
Белая бумага (формат А4)	шт.	-	500	500
Итого:				674

#### 4.4.2 Стоимость экспериментальной установки

Задачи проекта решаются на базе оборудования, находящегося в лаборатории твердых топлив НИ ТПУ. Главным объектом развития и оптимизации технологии является экспериментальная установка, состоящая из нескольких основных элементов:

1. Дополнительные детали,
2. Теплогенератор ЕН 15 R (ПРОРАБ, Россия),
3. Миксер МХ-800 (DEXP, China),
4. Промышленная установка по гранулированию биомассы,
5. Гидравлический пресс Т61220F (AE&T, China),
6. Автотрансформатор TDGC2-2-B.

Стоимость оборудования представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Специальное оборудование для экспериментальных исследований

№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.
1	Дополнительные детали	-	10000
2	Теплогенератор ЕН 15 R (ПРОРАБ, Россия)	1	2500
3	Миксер МХ-800 (DEXP, China)	1	7000
4	Промышленная установка по гранулированию биомассы	1	80000
Итого:			99500

На такое оборудование, как гидравлический пресс Т61220F и автотрансформатор TDGC2-2-B необходимо провести расчет амортизации, так как оборудование приобреталось не только для данного проект. Автотрансформатор и пресс всегда работали одновременно, следовательно, амортизация рассчитывается по формуле [58]:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} * C_{\text{кт}} * \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{ руб. год}, \quad (8)$$

где  $T_{\text{исп.кт}}$  – время использования оборудования;

$T_{\text{кал}}$  – календарное время;

$C_{\text{кт}}$  – цена оборудования;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы оборудования.

$$K_{\text{ам}} = \frac{90}{365} * 38000 * \frac{1}{5} = 1874 \text{ руб. год};$$

$$K_{\text{ам}} = \frac{90}{365} * 10000 * \frac{1}{5} = 493 \text{ руб. год};$$

Амортизационные отчисления представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Стоимость, руб.
5	Гидравлический пресс Т61220F	1	1874
6	Автотрансформатор TDGC2-2-B	1	493
Итого:			2367

#### 4.4.3 Основная заработная плата

Подраздел включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) рассчитывается по формуле [58]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [58]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (10)$$

где  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 24 раб. Дня;

$M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней ( $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя);

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала.

Данные по балансу рабочего времени представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Науч. рук.	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней выходные дни + праздничные дни	66	118
Потери рабочего времени отпуск + невыходы по болезни	56	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	219

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле [58]:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_p, \quad (11)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30 % от  $Z_{тс}$ );

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

В расчетах учитывается только районный коэффициент.

Месячный оклад для научного руководителя составит [58]:

$$Z_{м(н/р)} = 39300 \cdot 1,3 = 51090 \text{ руб.};$$

Месячный оклад для инженера составит [58]:

$$Z_{м(и)} = 16300 \cdot 1,3 = 21190 \text{ руб.};$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя составит [58]:

$$Z_{дн(н/р)} = \frac{51090 \cdot 10,4}{243} = 2187 \text{ руб.};$$

Среднедневная заработная плата инженера составит [58]:

$$Z_{дн(и)} = \frac{21190 \cdot 11,2}{219} = 1084 \text{ руб.};$$

Основная заработная плата научного руководителя [58]:

$$Z_{осн(н/р)} = 2187 \cdot 15 = 32799 \text{ руб.};$$

Основная заработная плата инженера:

$$Z_{осн(и)} = 1084 \cdot 122 = 132248 \text{ руб.};$$

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле [58]:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (12)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{доп(н/р)} = 0,15 \cdot 32799 = 4920 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп(и)}} = 0,15 \cdot 132248 = 19837 \text{ руб.}$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [58]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (13)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30 %.

$$Z_{\text{внеб(н/р)}} = 0,3 \cdot (32799 + 4920) = 11316 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{внеб(и)}} = 0,3 \cdot (132248 + 19837) = 45625 \text{ руб.}$$

#### 4.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 20% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

Величина накладных расходов определяется по формуле [58]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = k_{\text{накл}} \cdot Z_{\text{зп}}; \quad (14)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

$$Z_{\text{накл(н/р)}} = 0,20 \cdot 37719 = 7544 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{накл(и)}} = 0,20 \cdot 152085 = 30417 \text{ руб.};$$

Сумма всех затрат представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Сводная таблица с суммой всех затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
1	2
1. Материальные затраты НТИ	674,00
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	165047,00
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24757,00

Продолжение таблицы 12

1	2
4. Отчисления во внебюджетные фонды	56941,00
5. Накладные расходы	37961,00
6. Бюджет затрат НИИ (амортизационные отчисления и затраты на оборудование)	101867,00
Итого:	387247,00

#### 4.5 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу 13.

#### 4.6 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности [58].

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования.

Примем, что максимальные затраты на разработку проекта могут составить 500 тыс. руб., тогда:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{387247}{500000} = 0,77;$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения (таблица 12);

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

Таблица 13 – Реестр риска проекта

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1–5)	Влияние риска (1–5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Экономический кризис	Отсутствие бюджетного финансирования	2	2	Низкий	Прогнозирование экономической ситуации	Непредвиденная экономическая обстановка
2	Невостребованность исследований	Невостребованность исследований	2	2	Средний	Популяризация данного исследования	Незаинтересованность потребителей

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии исследования	Объект исследования		
	Весовой коэффициент параметра	Тек. проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	4	4
2. Влияние на окружающую среду	0,15	4	3
3. Энергосбережение	0,2	5	3
4. Надежность	0,3	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1	4,15	3,73

$$I_{p-тп} = (4 \cdot 0,20) + (4 \cdot 0,15) + (5 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,3) + (5 \cdot 0,15) = 4,35;$$

$$I_{p-аналог} = (4 \cdot 0,20) + (3 \cdot 0,15) + (3 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,3) + (4 \cdot 0,15) = 3,65;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [58]:

$$I_{испл1} = \frac{I_{p-испл1}}{I_{финр}} = \frac{4,35}{0,77} = 5,65; \quad I_{испл2} = \frac{I_{p-испл2}}{I_{финр}} = \frac{3,63}{1} = 3,63;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ) [58]:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{проект}}{I_{аналог}} = \frac{5,65}{3,63} = 1,56;$$

Результаты расчёта значений сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Тек. проект	Аналог
1.Интегральный финансовый показатель разработки	0,77	1
2.Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	3,63
3.Интегральный показатель эффективности	5,65	3,63
4.Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,56	

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным будет вариант текущего проекта.

В результате анализа конкурентоспособности технических решений проекта показал, что благодаря своим повышенным тепло – техническим характеристикам проект является конкурентоспособным по сравнению с конкурентом. В таблице SWOT-анализа описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Были приняты решения по минимизации угроз и слабых сторон проекта.

Был разработан график проведения научного исследования, в котором было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. На котором видно, что большая часть работы ложится на инженера (122 рабочих дней). Для повышения экономической эффективности и снижения трудоемкости планируется ввести современные методы анализа и ЭВМ.

Также был сформирован бюджет затрат НТИ, который составил 387247,00 руб., из которого 674,00 руб. уходит на материальные затраты, 165047,00 руб. на заработную плату, 24757,00 руб. на дополнительную заработную плату, 56941,00 руб. на отчисления во внебюджетные фонды, 37961,00 руб. на накладные расходы.

В разделе определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта был рассчитан интегральный

показатель эффективности, который составил 5,65 что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным по сравнению с конкурентом.

Реализация данного проекта является достаточно перспективной.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5BM11	Мусафирову Диасу Ерлановичу

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>НОЦ И.Н. Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	13.04.03 Энергетическое машиностроение

**Тема дипломной работы: «Разработка технологии гранулирования угольного штыба при использовании отходов мукомольного производства»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Объект исследования:</i> смесевое топливо на основе угля и биомассы  <i>Область применения:</i> энергетика  <i>Рабочая зона:</i> научно-исследовательская лаборатория  <i>Размеры помещения:</i> 10x10 м  <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> пресс-форма, промышленная установка по гранулированию биомассы. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> гранулирование смесового топлива</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>• СЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термические источники опасности</li> <li>• Электроопасность</li> <li>• Пожароопасность</li> </ul>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная освещенность;</li> <li>• Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>• Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Наличие токсикантов, ПДК, класс опасности, СКЗ, СИЗ;</li> </ul> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, вторцвет- и чермет, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ11	Мусафиров Диас Ерланович		

## **5 Социальная ответственность**

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, как и для окружающей среды проведения исследований.

В ходе данной работы разработка и исследование высокоэффективного источника питания для телекоммуникационного оборудования. Работа выполнялась в лаборатории НОЦ И.Н.Бутакова. Все работы выполнялись с использованием компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

Рассмотрение и анализ опасных и вредных факторов, которые могут быть на объекте, и разработка мероприятий по их уменьшению является задачей раздела социальная ответственность.

### **5.1 Производственная безопасность. Вредные факторы.**

#### **5.1.1 Недостаточная освещенность**

Недостаточная освещенность рабочей зоны является одной из причин нарушения зрительной функции, а также влияет на общее самочувствие и эффективность труда.

Для обеспечения требуемой освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, создаваемое сочетанием естественного и искусственного освещения. При данном этапе развития осветительной техники целесообразно использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют большую светоотдачу на ватт потребляемой мощности и более естественный спектр.

Минимальный уровень средней освещенности на рабочих местах с постоянным пребыванием людей должен быть не менее 200 лк.

В расчётном задании должны быть решены следующие вопросы:

- выбор системы освещения,
- выбор источников света,
- выбор светильников и их размещение,
- выбор нормируемой освещённости,
- расчёт освещения методом светового потока.

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение. Габариты помещения приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Габариты помещения

Параметр	Обозначение	Значение, м
Длина	А	10
Ширина	В	10
Высота помещения	Н	2,7

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Световой поток лампы определяется по формуле [60]:

$$\Phi_{\text{рас}} = E_{\text{н}} * S * K_3 * Z / N * \eta, \quad (16)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, свето-технической арматуры, стен и прочего, т.е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли. Примем  $K_3 = 1,5$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ . Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;  $N$  – число ламп в помещении;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Индекс помещения определяется по формуле [59]:

$$i = S / h(A + B), \quad (17)$$

Проведем расчет индекса помещения:

Площадь помещения:

$$S = A * B = 10 * 10 = 100 \text{ м}^2;$$

Индекс:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)} = \frac{100}{2,7 * (10 + 10)} = 1,85;$$

Согласно этим данным коэффициент использования светового потока будет равен 54% или в долях = 0,54.

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно [59, табл. 4.10].

Согласно указанной методике выбираем тип источника света [59].

Наиболее подходящим вариантом является 40 ваттная лампа ЛБ, у которой  $\Phi=2800$  лм. Для выбранного типа лампы подходит светильник ОД-2-40 с размерами: длина = 1230 мм, ширина = 266 мм.

Из уравнения 16 находим количество ламп для помещения:

$$N = E_H * S * K_3 * Z / \Phi * \eta = 200 * 100 * 1,5 * 1,1 / 2800 * 0,54 = 21,82;$$

Принимаем  $N=24$  лампы или 12 светильников.

Размещаем светильники в 3 ряда по 4 светильника в ряду с соблюдением условий:  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине  $A$  и ширине  $B$  помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ );  $l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ .

Сначала определим световой поток расчетный:

$$\Phi = E_H * S * K_3 * Z / N * \eta = 200 * 100 * 1,5 * 1,1 / 24 * 0,54 = 2546 \text{ лм};$$

Проведем проверку выполнения условия соответствия [59]:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}}) / \Phi_{\text{расч}}) * 100\% \leq + 20\%$$

Подставляя численные значения получаем:

$$- 10\% \leq (2800 - 2546) / 2546 * 100\% \leq + 20\%$$

$$- 10\% \leq +9,96\% \leq + 20\%$$

Результат расчета укладывается в допустимые пределы.

Определим мощность осветительной установки:

$$P = N * P_i = 24 * 40 \text{ Вт} = 960 \text{ Вт}.$$

Теперь определим расстояния между светильниками по длине и ширине помещения.

$$10000 = 3 * L + 4 * 1230 + 2/3 * L;$$

$$L_a = (10000 - 4920) * 3/11 = 1386 \text{ мм};$$

$$l_a = L_a / 3 = 462 \text{ мм};$$

$$10000 = 2 * L + 3 * 266 + 2/3 * L;$$

$$L_b = (10000 - 798) * 3/8 = 3450 \text{ мм};$$

$$l_b = L_b / 3 = 1150 \text{ мм}.$$

Рисуем схему размещения светильников на потолке для обеспечения общего равномерного освещения (рисунок 11).

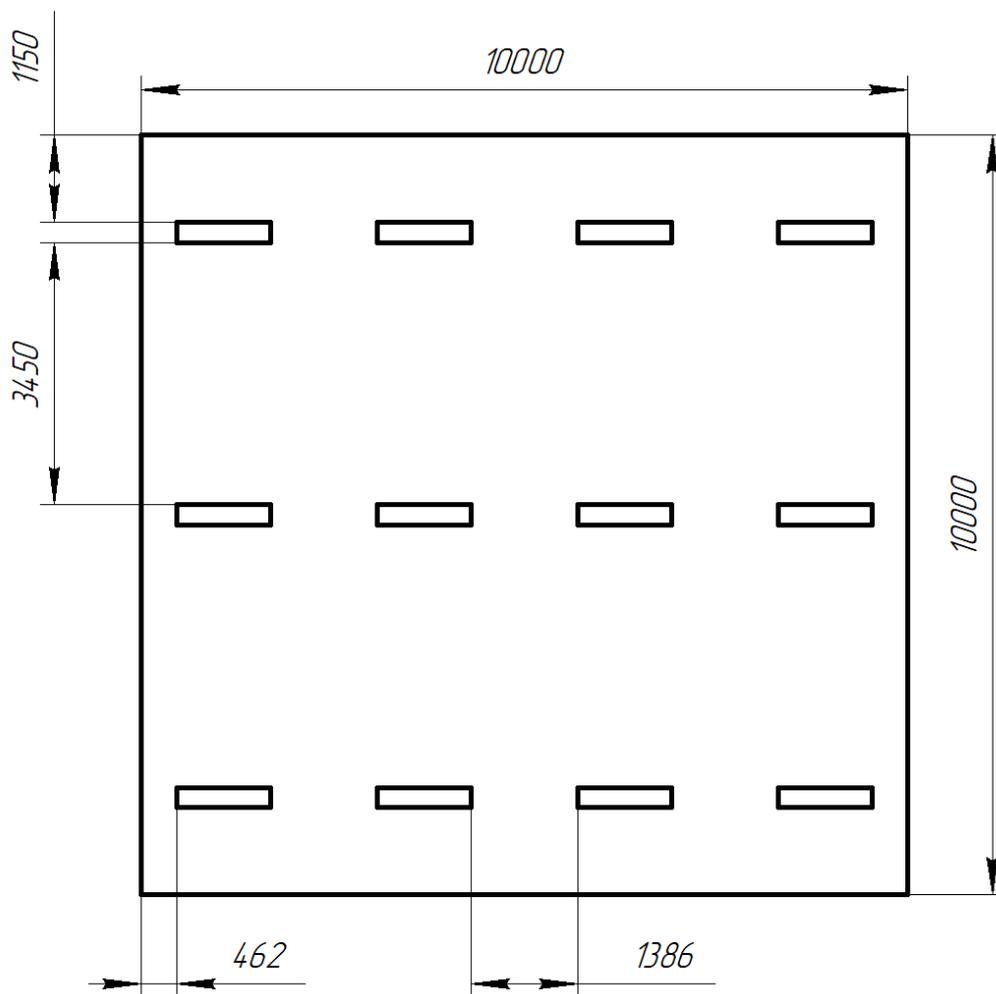


Рисунок 11 - План размещения светильников на потолке

### 5.1.2 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблице 17 и 18 [59].

Таблица 17 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.2

Таблица 18 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Общая площадь рабочего помещения составляет  $100\text{м}^2$ , объем составляет  $270\text{м}^3$ . По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют  $6,5\text{ м}^2$  и  $20\text{ м}^3$  объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток – приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более  $40\text{м}^3$ [59]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет  $135\text{ м}^3$ , из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до  $100^\circ\text{C}$ , а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно [59]. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [59].

### 5.1.3 Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается вентиляционным и рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются мукомольная мельница и оборудование по гранулированию биомассы. Уровень шума варьируется от 50 до 80 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА [59].

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов, например любой пористый материал – шамотный кирпич, микропористая резина, поролон и др.);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

Средства индивидуальной защиты:

1. применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

### 5.1.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения

рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [59]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [59]. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа АОС E2270SWN со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010-76).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма возникают сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) облучения (по ОСТ 54 30013-83):

- а) до 10 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы (8 часов);
- б) от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 2 часов;
- в) от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами СКЗ:

1. защита временем,
2. защита расстоянием,

3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения,

4. заземление экрана вокруг источника,

5. защита рабочего места от излучения.

А также средствами индивидуальной защиты (СИЗ):

1. Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ).

#### 5.1.5 Наличие токсикантов (запыленность, загазованность)

Нормативы распространяются на рабочие места, независимо от их расположения (в производственных помещениях, в горных выработках, на открытых площадках, транспортных средствах и т.п.).

Нормативы используются при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, для обеспечения производственного контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих вредных химических веществ.

Нормативы установлены на основании комплексных токсиколого-гигиенических и эпидемиологических исследований с учетом международного опыта.

В данном проекте используют следующие вредные вещества, представленные в таблице 19, их класс опасности, ПДК:

Таблица 19 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в воздухе

Наименование вредных веществ	ПДК м.р., мг/м <sup>3</sup>	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние	Класс опасности
Пыль угля	0,3	0,15	аэрозоль	3

Согласно [59] по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Для безопасности применяют следующие средства коллективной защиты (СКЗ):

В основном все мероприятия направлены на удаление угольной пыли и мелких частиц отрубей путем применения местной и общей принудительной вентиляции с последующей фильтрацией, рециркуляция не допускается.

Применяется периодическая очистка поверхностей от осаждающихся на них продуктов угля и отрубей.

Также применяют СИЗ: респираторы с фильтрующей приставкой.

## 5.2 Электроопасность

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [59].

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:  $I < 0,1$  А;  $U < (2-36)$  В;  $R_{\text{зазем}} < 4$  Ом.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

- защитное заземление, зануление,
- малое напряжение,

- электрическое разделение сетей,
- защитное отключение,
- изоляция токоведущих частей,
- оградительные устройства,
- использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты: использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

### 5.3 Пожароопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В– горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудносгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;

2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразного угля), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);

4. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений предвзрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана

эвакуации, изображенного на рисунке 12, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



Рисунок 12 – План эвакуации

#### 5.4 Экологическая безопасность

Во время выполнения выпускной квалификационной работы вынуждены использовать черновики (предварительная запись информации) на бумажном носителе. Записи несут в себе конфиденциальную, а иногда даже секретную информацию. Чтобы повторно использовать бумагу для записей необходимо бумагу с записями шредировать с помощью шредера, спрессовать для уменьшения объема, упаковать в герметичную упаковку и хранить на складе до накопления объема для 1 транспортной единицы, после чего отправить на утилизацию макулатуры в ближайший ее пункт приема.

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу);

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Утилизацию компьютера можно провести следующим образом:

- отделить металлические детали от неметаллов;
- разделить углеродистые металлы от цветмета;
- пластмассовые изделия (крупногабаритные) измельчить для уменьшения объема;
- копир-порошок упаковать в отдельную упаковку, точно также, как и все проклассифицированные и измельченные компоненты оргтехники, и после накопления на складе транспортных количеств отправить предприятиям и фирмам, специализирующимся по переработке отдельных видов материалов.

Люминесцентные лампы утилизируют следующим образом. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. После накопления ламп объемом в 1 транспортную единицу их сдают на переработку на соответствующее предприятие. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами.

### 5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения

источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приводит к авариям систем тепло- и водоснабжения, сантехнических коммуникаций и электроснабжения, приостановке работы. В этом случае при подготовке к зиме следует предусмотреть:

- а) газобаллонные калориферы (запасные обогреватели);
- б) дизель или бензоэлектрогенераторы;
- в) запасы питьевой и технической воды на складе (не менее 30 л на 1 человека) [59];

г) теплый транспорт для доставки работников на работу и с работы домой в случае отказа муниципального транспорта. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В лаборатории НОЦ И.Н.Бутакова наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в

полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

#### 5.6 Нормативно-техническая документация

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”.

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

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

4. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

5. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

6. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

7. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

8. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

9. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

10. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

11. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

12. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

#### 5.7 Вывод по разделу

В данном разделе выпускной квалификационной работы описаны требования необходимые к выполнению. Выявлены и проанализирована вредные и опасные факторы производственных помещений.

Проанализированы всевозможные чрезвычайные ситуации и пути их предупреждения.

На основе законодательных и нормативных документов приведены основные требования к рабочим местам, оборудованию и обслуживающему персоналу.

Комплекс разработанных организационных мероприятий и технических средств защиты, а также накопленный опыт работы ряда вычислительных центров показывает, что имеется возможность добиться значительно больших успехов в деле устранения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Повышение уровня безопасности персонала и населения, а также повышение производительности труда – это то, к чему может привести эффективная и безопасная организация труда.

## **Заключение**

В результате выполненных исследований предложен способ получения прочных топливных гранул (пеллет) из отходов угледобычи и мукомольного производства (заявка на выдачу патента РФ №2020118238). Технологические параметры формования пеллет установлены на лабораторных экспериментальных стендах и включают: влажность исходной смеси 16–19 %, доля пшеничных отрубей в составе формовочной смеси от 4 до 20 %, температура прессования 120–160 °С, усилие прессования 2,5–10 т.

Показана возможность реализации предложенного способа на оборудовании промышленного типа. Однако в этом случае после формовки необходима сушка пеллет при температуре 70–85 °С в течение 0,3–0,7 ч. Получаемые при этом пеллеты соответствуют требованиям, предъявляемым к формованному топливу (ГОСТ Р 57016-2016).

При сжигании пеллет на аналитическом оборудовании отмечено, что процесс горения пеллет с содержанием отрубей 10 % и более практически идентичен горению чистых отрубей.

В результате анализа конкурентоспособности технических решений проекта показал, что благодаря своим повышенным тепло – техническим характеристикам проект является конкурентоспособным по сравнению с конкурентом. В таблице SWOT-анализа описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. Были приняты решения по минимизации угроз и слабых сторон проекта.

Выявлены и проанализирована вредные и опасные факторы производственных помещений. Проанализированы всевозможные чрезвычайные ситуации и пути их предупреждения. На основе законодательных и нормативных документов приведены основные требования к рабочим местам, оборудованию и обслуживающему персоналу.

## **Conclusion**

As a result of the studies performed, a method was proposed for obtaining durable fuel granules (pellets) from coal mining and flour milling waste (application for the issuance of a patent of the Russian Federation No. 2020118238). Technological parameters of pellet molding are set on laboratory experimental benches and include: humidity of the initial mixture 16–19%, the share of wheat bran in the composition of the molding sand from 4 to 20%, pressing temperature 120–160 °C, pressing force 2.5–10 tons.

The possibility of implementing the proposed method on industrial-type equipment is shown. However, in this case, after molding, it is necessary to dry the pellets at a temperature of 70–85 °C for 0.3–0.7 h. The resulting pellets meet the requirements for molded fuel (GOST R 57016-2016).

When burning pellets on analytical equipment, it was noted that the combustion process of pellets with a bran content of 10% or more is almost identical to the combustion of pure bran.

As a result of the analysis of the competitiveness of the technical solutions of the project, it showed that due to its increased heat and technical characteristics, the project is competitive compared to its competitor. The SWOT analysis table describes the strengths and weaknesses of the project, as well as the opportunities and threats for the project implementation that have manifested or may manifest themselves in its external environment. Decisions were made to minimize the threats and weaknesses of the project.

Harmful and dangerous factors of industrial premises are identified and analyzed. Various emergency situations and ways to prevent them are analyzed. On the basis of legislative and regulatory documents, the main requirements for workplaces, equipment and maintenance personnel are given.

### Список публикаций обучающегося

1. Астафьев А. В., Табакаев Р. Б., Мусафиров Д. Е., Заворин А. С., Дубинин Ю. В., Языков Н. А., Яковлев В. А. Исследование тепловых эффектов пиролиза соломы для оценки возможности его реализации в автотермическом режиме = Research of straw pyrolysis thermal effects for estimation of possibility its implementation in autothermal mode // Химия растительного сырья = Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya. – 2019. – № 2. – С. 271–280.

2. Алтынбаева Д. Б., Мусафиров Д. Е., Астафьев А. В., Табакаев Р. Б. Экспериментальное исследование теплового эффекта пиролиза соломы // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции, Севастополь, 23-26 Сентября 2019. – Севастополь: СевГУ, 2019. – С. 126–130.

3. Астафьев А. В., Мусафиров Д. Е., Табакаев Р. Б., Языков Н. А. Пиролитическая переработка соломы за счет собственных тепловых эффектов разложения // Альтернативная и интеллектуальная энергетика: материалы Международной научно-практической конференции, Воронеж, 6–8 Декабря 2018. – Воронеж: ВГТУ, 2018. – С. 155–157.

4. Мусафиров Д. Е., Алтынбаева Д. Б., Шаненков И. И., Табакаев Р. Б. Тепловой эффект пиролиза биомассы: связь между образованием пирогенетической воды и протеканием экзотермических реакций разложения // Борисовские чтения: материалы II Всероссийской научно-технической конференции, посвященной памяти профессора Борисова Валерия Николаевича – организатора и первого ректора Красноярского политехнического института, Красноярск, 25–27 Сентября 2019. – Красноярск: СФУ, 2019. – С. 72–75.

## Список использованных источников

1. Мустафаев С.К., Смычагин Е.О. Разработка комплексной технологии производства отходов масложирового. – Краснодар: Издательство Кубанский государственный технологический университет, 2019. – С. 883–895.
2. Информация об угле: обзор (издание 2017 г.) / Основные показатели энергоэффективности – 2017 г.
3. Антонио Коппола, Алессандро Эспозито, Фабио Монтаньяро, Мауро Юлиано, Пьеро Салатино. Совместное влияние H<sub>2</sub>O и SO<sub>2</sub> на поглощение CO<sub>2</sub> и истирание сорбента во время кальциевой петли в псевдоожиженном слое, *Proceedings of the Combustion Institute*, 37 (4) 2019, стр. 4379-4387.
4. Сайто, М., Садаката, М., Сакаи, Т. Однокапельное горение смесей уголь/метанол/вода, *Топливо*, 62 (12) (1983), стр. 1481-1486. doi: 10.1016/0016-2361(83)90118-7.
5. Бурдуков А.П., Попов В.И., Томилов В.Г., Федосенко В.Д. Гемодинамика и горение водоугольных смесей, *Топливо*, 81 (7) (2002), стр. 927-933.
6. Гао, В., Чжан, М., Ву, Х. Свойства топлива и старение биосуспензии, приготовленной из смеси глицерин/метанол/бионефть и биоуголь, *Топливо*, 176 (2016), стр. 72-77.
7. Риаса Дж. и др., Кислородно-топливное сжигание смесей угля и биомассы, *Энергия*, 2012. 41(1): с. 429-435.
8. Riaza, J., et al., Горение отдельных частиц биомассы в воздухе и в кислородно-топливных условиях. Биомасса и биоэнергетика, 2014. 64 с. 162-174.
9. Хайкири-Акма, Х., С. Яман и С. Кучукбайрак, Совместное сжигание смесей низкосортного угля/отходов биомассы с использованием сухого воздуха или кислорода. *Прикладная теплотехника*, 2013. 50(1): с. 251-259.
10. Мутураман М., Намиока Т., Йошикава К. Сравнительное исследование характеристик совместного сжигания твердых бытовых отходов и индонезийского угля с высокочастотным индийским углем:

термогравиметрический анализ, Технология переработки топлива. – 2010. Т. 91. – С. 550.

11. Fanni Mylläri, Panu Karjalainen, Raili Taipale, Pami Aaltos, Anna Häyrinend, Jani Rautiainend, Liisa Pirjola, Risto Hillamof, Jorma Keskinena, Topi Rönkköa Физические и химические характеристики частиц дымовых газов в большой пылевидной электростанции заводской котел при совместном сжигании угля и древесных пеллет, сжигание и пламя. – 2017. Т. 176. – С. 554 – 566.

12. Growing Power - передовые решения для биоэнергетических технологий от Tekes & VTT Processes & Teonsana Oy, Финляндия. Лахти, 2002. 34 стр.

13. ТУБИТАК. Технология смешанного сжигания угля и биомассы Конкурс предложений 2016:3. <http://www.tubitak.gov.tr>. 129

14. Рейдак М., Робак Дж., Чардыбон А., Игнасиак К., Фудала П. Исследование производства композиционного топлива на основе мелкозернистых угольных фракций и биомассы – влияние технологических параметров и типа связующего на качество производимых брикетов. Минералы 2020;10(1):31. <https://doi.org/10.3390/min10010031>

15. Боровски Г., Хайкнар Дж. Дж. Утилизация мелких угольных отходов в качестве топливных брикетов. Международный журнал подготовки и использования угля 2013;33(4):194-204. <https://doi.org/10.1080/19392699.2013.787993>

16. Дмитриенко М.А., Няшина Г.С., Стрижак П.А. Основные выбросы газа при сжигании шламовых топлив на основе угля, угольных отходов и угольных производных. Журнал чистого производства 2018; 177: 284-301. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.254>

17. Тивари РК. Экологическое влияние угледобычи на водный режим и управление им. Загрязнение воды, воздуха и почвы 2001;132(1-2):185-199. <https://doi.org/10.1023/A:1012083519667>

18. Хайбин Л., Женлинг Л. Модели вторичного использования отходов угледобычи в Китае. Ресурсы, сохранение и переработка 2010;54(12):1331-1340. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.05.005>

19. Щепаньска Я., Твардовска И. Распространение и воздействие на окружающую среду отходов угледобычи в Верхней Силезии, Польша. Геология окружающей среды 1999;38(3):249-258. <https://doi.org/10.1007/s002540050422>

20. Hu J, Lei T, Wang Z, Yan X, Shi X, Li Z, He X, Zhang Q. Экономическая, экологическая и социальная оценка брикетного топлива из сельскохозяйственных отходов в Китае. Исследование брикетирования с плоской матрицей с использованием стебель кукурузы. Энергия 2014;64:557-566. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.028>

21. Динеша П., Кумар С., Розен М.А. Брикетты из биомассы как альтернативное топливо: всесторонний обзор. Энергетические технологии 2019;7(5):1801011. <https://doi.org/10.1002/ente.201801011>

22. Булышко М.Г., Петровский Е.Е. Технология брикетирования торфа. Москва: Недра; 1968 [на русском языке].

23. ГОСТ Р 57016-2016, 2016. Брикетты угольные для энергоснабжения и бытовых нужд. Технические характеристики (Россия).

24. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Заворин А.С. Предварительная термическая обработка низкосортного твердого топлива. Химия твердого топлива 2015;49(5):267-273. <https://doi.org/10.3103/S0361521915050109>

25. Li C., Liu D, Ramaswamy S, Yan J. Энергия биомассы и продукты: передовые технологии и приложения. Прикладная энергия 2015;157:489-490. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.052>

26. Демирбаш А, Демирбаш МФ. Биомасса и отходы: Модернизация альтернативных видов топлива. Источники энергии 2003;25(4):317-3

27. Софер С.С., Заборский О.Р. Процессы преобразования биомассы в энергию и топливо. Нью-Йорк: Пленум Пресс; 1981.

28. Акрам М., Тан С.К., Гарвуд Д.Р., Фишер М., Гент Д.Р., Кэй В.Г. Совместное сжигание прессованного жома сахарной свеклы с углем в лабораторной камере сгорания с псевдоожиженным слоем. Прикладная энергия 2015;139:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.11.008>

29. Саидур Р., Абдельазиз Э.А., Демирбас А., Хоссейн М.С., Мехилеф С. Обзор биомассы как топлива для котлов. Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии 2011;15(5):2262-2289.

30. Саху С.Г., Чакраборти Н., Саркар П. Совместное сжигание угля и биомассы: обзор. Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии, 2014 г.; 39:575-586. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.106>

31. Kalembkiewicz J, Chmielarz U. Зола от совместного сжигания угля и биомассы: Новые промышленные отходы. Ресурсы, сохранение и переработка 2012;69:109-121. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.09.010>

32. Климов С.А., Фрайман Г.Б., Грузинов Г.П. и др. Комплексное использование горючих сланцев. Липецк: Липецкое изд-во, 2000.

33. Говсиевич Е.Р. Повышение эффективности топливообеспечения и топливоиспользования на тепловых электростанциях (вопросы методологии и практики): Дисс. ... д-ра экон. наук. М., 2002.

34. Денисенко И.А., Еремина Н.А. Пути уменьшения загрязнения атмосферного воздуха выбросами ТЭС // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. 2008. Т. 3. С. 105-107.

35. Малов В.Т. Экологические вопросы энерготехнологического использования твердых топлив // Проблемы рационального использования топливноэнергетических ресурсов и энергосбережения. Саратов, 2006. С. 140- 143.

36. Wilhelm James H. SO<sub>3</sub>. SBS injection fights off SO<sub>3</sub> // Power Eng. Int. 2004. No. 12. P. 28-30.

37. Волкова А.В. Влияние теплоэнергетики на состояние окружающей среды // Современные проблемы технического, естественнонаучного и гуманитарного знания. Губкин, 2007. Ч. 1. С. 88-91.

38.Мажайский Ю.А., Пожогин Ю.П., Тобратов С.А. Негативное воздействие выбросов ГРЭС на агроландшафты в условиях Центрального региона России // Труды 2 межд. н/практ. конференции «Экология в энергетике». М., 2005. С. 216-220.

39.Елишевич А.Т. Брикетирование угля со связующим. М.: Недра, 1972.

40.Видяев М.П., Брюханова Е.С. Исследование прочности формованного топлива // Россия молодая. Кемерово. 2009. С. 166-167.

41.Елистратов В.В. Использование возобновляемых источников энергии – путь к устойчивому развитию и энергоэффективности // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2012. – №. 3-1 (154). – С. 77-83.

42.Кузьмина Р.И., Штыков С.Н., Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Панина Т.Г. Пирогенетическая переработка некоторых древесных отходов и отходов лущения семян // Химия растительного сырья. – 2010. – №3. – С. 61-65.

43.Vassilev S.V., Baxter D., Andersen L.K., Vassileva C.G. An overview of the chemical composition of biomass // Fuel. – 2010. – Vol. 89. – P. 913-933.

44.Ellabban O., Abu-Rub H., Blaabjerg F. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology // Renewable and sustainable energy reviews. – 2014. – Vol. 39. – P. 748-764.

45.Статистика Международного агентства по возобновляемой энергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.irena.org/bioenergy>.

46.Грачев В.А., Плямина О.В. Экологические характеристики разных способов производства электроэнергии // Атомная энергия. – 2017. – Т. 123, вып. 3. – С. 160-164.

47.Елистратов В.В. Использование возобновляемых источников энергии – путь к устойчивому развитию и энергоэффективности // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2012. – №. 3-1 (154). – С. 77-83.

48. Howarth R.W., Santoro R., Ingraffea A. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations // *Climatic Change*. – 2011. – Т. 106. – Vol. 4. – P. 679-690.

49. Жизнин С.З., Тимохов В.М. Влияние энергетики на устойчивое развитие // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2017. – Т. 61. – №. 11. – С. 34-42.

50. Перспективы энергетических технологий 2010. Сценарии и стратегии до 2050 года. Russian Translation. International Energy Agency. Paris, France, 2010.

51. Уоррен Б.Э., Фаррелл Д.Дж. Пищевая ценность полножирных и обезжиренных австралийских рисовых отрубей. II. Исследования роста кур, крыс и свиней. *Наука и технология кормов для животных* 1990;27(3):229-246. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(90\)90085-M](https://doi.org/10.1016/0377-8401(90)90085-M)

52. Руан Д., Линь Ю.К., Чен В., Ван С., Ся В.Г., Фуад А.М., Чжэн К.Т. Влияние рисовых отрубей на производительность, качество яиц, окислительный статус, состав жирных кислот желтка и экспрессию генов, связанных с метаболизмом жирных кислот, у уток-несушек. *Птицеводство* 2015;94(12):2944-2951. <https://doi.org/10.3382/ps/pev286>

53. Wang H, Li P, Du T, Pu G, Fan L, Gao C, Niu P, Wu C, Zhou W, Huang R. Влияние повышения уровня обезжиренных рисовых отрубей на физический барьер кишечника и бактерии в отделочные свиньи. *Животные* 2019;9(12):1039. <https://doi.org/10.3390/ani9121039>

54. Галлиард Т., Галлахер Д.М. Влияние размера частиц пшеничных отрубей и срока хранения на вкус отрубей и хлебопекарные качества смесей отрубей и муки. *Журнал зерновых наук* 1988;8(2):147-154. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(88\)80025-0](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(88)80025-0)

55. ГОСТ 21289-75, 1975. Брикетты угольные. Методы определения механической прочности (Россия).

56. ISO 17831-1:2015, 2015. Твердое биотопливо. Определение механической прочности пеллет и брикетов. Часть 1. Пеллеты (международные).

57. Рахимов Т.Р. Финансовый менеджмент: учебное пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 264 с.

58. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

59. Кукин Н.П. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / Кукин Н.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. – М.: Высшая школа, 2001. – 319 с.

## Приложение А

(Обязательное)

Foreign sources

### «Social responsibility»

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ВМ11	Мусафиров Диас Ерланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Табакаев Р.Б.	к.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков НИ ТПУ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тайдонова С.С.	к.ф.н.		

Томск – 2023 г.

## **5 Social responsibility**

Social responsibility is the responsibility of an individual scientist and scientific community to society. Of paramount importance here is the safety of the use of technologies that are created on the basis of scientific achievements, the prevention or minimization of possible negative consequences of their use, and the provision of safe research for both the subjects and the environment.

In the course of this work, the development and research of a highly efficient power supply for telecommunications equipment. The work was carried out in the laboratory of I.N. Butakov's REC. All work was carried out using a computer. The section also includes an assessment of working conditions at the workplace, an analysis of harmful and dangerous labor factors, and the development of protection measures against them.

Consideration and analysis of hazardous and harmful factors that may be at the facility, and the development of measures to reduce them is the task of the social responsibility section.

### **5.1 Industrial safety. Harmful factors.**

#### **5.1.1 Insufficient light**

Insufficient illumination of the working area is one of the causes of impaired visual function, and also affects the general well-being and labor efficiency.

To ensure the required illumination, it is necessary to use combined lighting, created by a combination of natural and artificial lighting. At this stage in the development of lighting technology, it is advisable to use fluorescent lamps, which, compared with incandescent lamps, have a higher light output per watt of power consumption and a more natural spectrum.

The minimum level of average illumination in workplaces with a permanent presence of people should be at least 200 lux.

The following questions should be answered in the calculation task:

- choice of lighting system,
- choice of light sources,
- selection of fixtures and their placement,

- choice of normalized illumination,
- calculation of lighting by the luminous flux method.

In this calculation task, the total uniform illumination is calculated for all rooms. The dimensions of the room are shown in Table 16.

Table 16 - Dimensions of the room

Parameter	Designation	Value, m
Length	A	10
Width	B	10
Room height	H	2,7

The calculation of the general uniform artificial illumination of a horizontal work surface is carried out using the luminous flux coefficient method, which takes into account the luminous flux reflected from the ceiling and walls.

The luminous flux of the lamp is determined by the formula [60]:

$$\Phi_{\text{pac}} = E_{\text{H}} * S * K_3 * Z / N * \eta, \quad (16)$$

where  $E_{\text{H}}$  is the normalized minimum illumination according to SNiP 23-05-95, lx;

$S$  – is the area of the illuminated room, m<sup>2</sup>;

$K_3$  – a safety factor that takes into account the pollution of the lamp (light source, lighting fittings, walls and other things, i.e. reflective surfaces), the presence of smoke and dust in the workshop atmosphere. Let's take  $K_3 = 1.5$ ;

$Z$  – is the coefficient of illumination unevenness, the ratio of  $E_{\text{cp}}/E_{\text{min}}$ . For fluorescent lamps in the calculations is taken equal to 1.1;

$N$  – is the number of lamps in the room;

$\eta$  – is the luminous flux utilization factor.

The luminous flux utilization coefficient shows what part of the luminous flux of the lamps falls on the working surface. It depends on the index of the room  $i$ , the type of luminaire, the height of the luminaires above the working surface  $h$  and the reflection coefficients of the walls  $\rho_c$  and the ceiling  $\rho_n$ .

The room index is determined by the formula [59]:

$$i = S / h(A + B), \quad (17)$$

Let's calculate the room index:

Room area:

$$S = A * B = 10 * 10 = 100 \text{ m}^2;$$

The room index:

$$i = \frac{S}{h * (A + B)} = \frac{100}{2,7 * (10 + 10)} = 1,85;$$

According to these data, the luminous flux utilization factor will be equal to 54% or in fractions = 0.54.

The reflection coefficients are evaluated subjectively [59, Table. 4.10].

According to this method, we choose the type of light source [59].

The most suitable option is a 40 watt LB lamp, in which  $F = 2800 \text{ lm}$ . For the selected type of lamp, the OD-2-40 lamp is suitable with dimensions: length = 1230 mm, width = 266 mm.

From equation 16 we find the number of lamps for the room:

$$N = E_H * S * K_3 * Z / \Phi * \eta = 200 * 100 * 1,5 * 1,1 / 2800 * 0,54 = 21,82;$$

We accept  $N=24$  lamps or 12 fixtures.

We place the lamps in 3 rows, 4 lamps in a row, subject to the following conditions:  $L$  - the distance between adjacent lamps or rows (if the distances are different along the length  $A$  and width  $B$  of the room, then they are designated  $L_A$  and  $L_B$ );  $l$  - the distance from the extreme lamps or rows to the wall.

The optimal distance  $l$  from the extreme row of fixtures to the wall is recommended to be taken equal to  $L / 3$ .

First, let's determine the calculated luminous flux:

$$\Phi = E_H * S * K_3 * Z / N * \eta = 200 * 100 * 1,5 * 1,1 / 24 * 0,54 = 2546 \text{ лм};$$

Let us check the fulfillment of the correspondence condition [59]:

$$- 10\% \leq ((\Phi_{\text{расч}} - \Phi_{\text{станд}}) / \Phi_{\text{расч}}) * 100\% \leq + 20\%$$

And:



The microclimate of industrial premises is determined by the following parameters: temperature, relative humidity, air velocity. These factors affect the human body, determining its well-being.

The optimal and permissible values of the microclimate parameters are given in Tables 17 and 18 [59].

Table 17 - Optimal microclimate standards

Season	Air temperature, C°	Relative humidity, %	Air speed, m/s
cold	19-23	40-60	0.1
Warm	23-25		0.2

Table 18 - Permissible microclimate standards

Season	Air temperature, C°		Relative humidity, %	Air speed, m/c
	Lower limit	Upper limit		
cold	15	24	20-80	<0.5
Warm	22	28	20-80	<0.5

The total area of the working room is 100m<sup>2</sup>, the volume is 270m<sup>3</sup>. According to SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03, sanitary standards are 6.5 m<sup>2</sup> and 20 m<sup>3</sup> of volume per person. Based on the above data, we can say that the number of jobs corresponds to the size of the premises according to sanitary standards.

After analyzing the overall dimensions, consider the microclimate in this room. Consider temperature, air humidity, and wind speed as parameters of the microclimate.

The room is naturally ventilated through the presence of an easily opened window opening (windows), as well as a doorway. According to the coverage area, such ventilation is general exchange. The main disadvantage is that the supply air enters the room without preliminary cleaning and heating. According to SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03, the volume of air required per person in a room without additional ventilation should be more than 40 m<sup>3</sup> [59]. In our case, the volume of air per person is 135 m<sup>3</sup>, which means that additional ventilation is not required. The microclimate parameters are maintained in the cold season by water heating systems with water heating up to 100°C, and in the warm season by air conditioning, with

parameters according to [59]. The normalized parameters of the microclimate, the ionic composition of the air, the content of harmful substances must comply with the requirements [59].

### 5.1.3 Exceeding noise levels

Noise is one of the most common hazards in manufacturing. It is created by ventilation and work equipment, voltage converters, fluorescent work lamps, and also penetrates from the outside. Noise causes headache, fatigue, insomnia or drowsiness, weakens attention, memory deteriorates, reaction decreases.

The main source of noise in the room is the flour mill and the biomass pelletizing equipment. The noise level varies from 50 to 80 dBA. According to SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03, when performing basic work on a PC, the noise level at the workplace should not exceed 80 dBA [59].

At values above the permissible level, it is necessary to provide personal protective equipment (PPE) and collective protection equipment (CPE) against noise.

Means of collective protection:

1. elimination of the causes of noise or its significant weakening in the source of education;
2. isolation of noise sources from the environment (the use of silencers, screens, sound-absorbing building materials, for example, any porous material - fireclay bricks, microporous rubber, foam rubber, etc.);
3. the use of means that reduce noise and vibration in the way of their propagation;

Individual protection means:

1. the use of overalls and hearing protection: headphones, earplugs, antiphons.

### 5.1.4 Elevated electromagnetic emissions

The source of electromagnetic radiation in our case are PC displays. The computer monitor includes X-ray, ultraviolet and infrared radiation, as well as a wide range of electromagnetic waves of other frequencies. According to SanPiN 2.2.2 / 2.4.1340-03, the electromagnetic field strength in terms of the electrical component

at a distance of 50 cm around the VDT should not exceed 25V/m in the range from 5Hz to 2kHz, 2.5V/m in the range from 2 to 400kHz [59] . The magnetic flux density should not exceed 250 nT in the range from 5 Hz to 2 kHz, and 25 nT in the range from 2 to 400 kHz. The surface electrostatic potential should not exceed 500V [59]. In the course of the work, a PC of the AOC E2270SWN type was used with the following characteristics: electromagnetic field strength 2.5 V/m; the surface potential is 450 V (the basics of fire protection of enterprises GOST 12.1.004 and GOST 12.1.010-76).

With long-term constant exposure to an electromagnetic field (EMF) of the radio frequency range when working on a PC, the human body develops cardiovascular, respiratory and nervous disorders, headaches, fatigue, deterioration in health, hypotension, and changes in cardiac muscle conduction. The thermal effect of EMF is characterized by an increase in body temperature, local selective heating of tissues, organs, cells due to the transition of EMF to warm energy.

Maximum permissible levels (MPL) of exposure (according to OST 54 30013-83):

- a) up to 10  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , operating time (8 hours);
- b) from 10 to 100  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , operating time no more than 2 hours;
- c) from 100 to 1000  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ , operating time no more than 20 minutes. given

that

use of safety glasses;

- d) for the population as a whole, the PPM should not exceed 1  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Protection of a person from the dangerous effects of electromagnetic radiation is carried out by the following methods of CPE:

1. time protection,
2. distance protection,
3. reduction of radiation intensity directly in the radiation source itself,
4. grounding the shield around the source,
5. protection of the workplace from radiation.

As well as personal protective equipment (PPE):

1. Glasses and special clothing made of metallized fabric (chain mail). It should be noted that the use of PPE is possible during short-term work and is an emergency measure. Daily protection of operating personnel must be ensured by other means.

2. Glass coated with a thin layer of gold or tin dioxide (SnO<sub>2</sub>) is used instead of ordinary glasses.

#### 5.1.5 Presence of toxicants (dust, gas)

The standards apply to workplaces, regardless of their location (in industrial premises, in mine workings, in open areas, vehicles, etc.).

The standards are used in the design of industrial buildings, technological processes, equipment and ventilation, to ensure industrial control over the quality of the industrial environment and prevent adverse health effects of working harmful chemicals.

The standards are established on the basis of complex toxicological, hygienic and epidemiological studies, taking into account international experience.

In this project, the following harmful substances are used, presented in Table 19, their hazard class, MPC:

Table 19 - Maximum permissible concentrations of harmful substances in the air

Name of harmful substances	MPC m.r., mg/m <sup>3</sup>	MPCs.s., mg/m <sup>3</sup>	State of aggregation	Hazard Class
Coal dust	0,3	0,15	aerosol	3

According to [59], according to the degree of impact on the human body, harmful substances are divided into four hazard classes:

- 1st - substances are extremely dangerous;
- 2nd - highly hazardous substances;
- 3rd - moderately hazardous substances;
- 4th - low-hazard substances.

For safety, the following means of collective protection (CPE) are used:

Basically, all activities are aimed at removing coal dust and small particles of bran through the use of local and general forced ventilation, followed by filtration, recirculation is not allowed.

Periodic cleaning of surfaces from coal and bran products deposited on them is used. PPE is also used: respirators with a filter attachment.

## 5.2 Electrical hazard

The dangerous factors include the presence in the room of a large number of equipment using a single-phase electric current with a voltage of 220 V and a frequency of 50 Hz. According to the danger of electrical shock, the room belongs to the premises without increased danger, since there is no high humidity, high temperature, conductive dust and the possibility of simultaneous contact of current-carrying elements with grounded metal cases of equipment [59].

The laboratory refers to a room without an increased risk of electric shock. Safe ratings are:  $I < 0.1 \text{ A}$ ;  $U < (2-36) \text{ V}$ ;  $R_{\text{ground}} < 4 \text{ ohm}$ .

To protect against electric shock, PPE and CPE are used.

Means of collective protection:

- protective grounding, zeroing,
- low voltage
- electrical separation of networks,
- protective shutdown,
- insulation of current-carrying parts,
- protective devices

Use of shields, barriers, cages, screens, as well as grounding and shunting rods, special signs and posters.

Personal protective equipment: the use of dielectric gloves, insulating pliers and rods, locksmith tools with insulated handles, voltage gauges, galoshes, boots, stands and mats.

## 5.3 Fire hazard

According to the explosion and fire hazard, the premises are divided into categories A, B, C1-C4, D and D.

According to NPB 105-03, the laboratory belongs to category B - flammable and hardly combustible liquids, solid combustible and difficultly combustible substances and materials, substances and materials that can only burn when

interacting with water, atmospheric oxygen or with each other, provided that the premises, in which it is located, do not belong to the category of the most dangerous A or B.

According to the degree of fire resistance, this room belongs to the 1st degree of fire resistance according to SNiP 2.01.02-85 (made of brick, which belongs to slow-burning materials).

The occurrence of a fire when working with electronic equipment can be for reasons of both electrical and non-electrical nature.

Causes of a non-electrical fire: negligent careless handling of fire (smoking, unattended heaters, use of open flames).

Causes of an electrical fire: short circuit, overcurrent, sparking and electric arcs, static electricity, etc.

To localize or eliminate a fire at the initial stage, primary fire extinguishing agents are used. Primary fire fighting equipment is usually applied before the arrival of the fire brigade.

Water-foam fire extinguishers (OVP-10) are used to extinguish fires without the presence of electricity. Carbon dioxide (OU-2) and powder fire extinguishers are designed to extinguish electrical installations under voltage up to 1000V. To extinguish current-carrying parts and electrical installations, a portable powder fire extinguisher, such as OP-5, is used.

In public buildings and structures, at least two portable fire extinguishers must be placed on each floor. Fire extinguishers should be located in prominent places near the exits from the premises at a height of no more than 1.35 m. The placement of primary fire extinguishing equipment in corridors and passages should not interfere with the safe evacuation of people.

To prevent fire and explosion, it is necessary to provide:

1. special isolated rooms for storage and spill of flammable liquids (flammable liquids), equipped with supply and exhaust ventilation in explosion-proof design - in accordance with GOST 12.4.021-75 and SNiP 2.04.05-86;

2. special rooms (for storing pulverized coal in containers), isolated from heating devices and heated parts of equipment;

3. primary fire extinguishing equipment at production sites (mobile carbon dioxide fire extinguishers GOST 9230-77, foam fire extinguishers TU 22-4720-80, boxes with sand, felt, felt mat or asbestos cloth);

4. Automatic signaling devices (SVK-Z M1 type) for signaling the presence of pre-explosion concentrations of combustible vapors of solvents and their mixtures in the indoor air.

The laboratory fully complies with fire safety requirements, namely, the presence of a fire and security alarm, an evacuation plan shown in Figure 12, powder fire extinguishers with a certified brand, signs indicating the direction to the emergency (evacuation) exit.



Figure 12 - Evacuation plan

#### 5.4 Environmental safety

During the performance of the final qualifying work, they are forced to use drafts (preliminary recording of information) on paper. Records carry confidential

and sometimes even secret information. To reuse record paper, it is necessary to shred paper with records using a shredder, compress to reduce volume, pack in sealed packaging and store in a warehouse until the volume is accumulated for 1 transport unit, and then send it for waste paper recycling to its nearest collection point.

Computers have a huge number of components that contain toxic substances and pose a threat to both humans and the environment.

These substances include:

- lead (accumulates in the body, affecting the kidneys, nervous system);
- nickel and zinc (may cause dermatitis);
- alkalis (burn through the mucous membranes and skin);

Therefore, the computer requires special complex methods of disposal.

Computer recycling can be done as follows:

- separate metal parts from non-metals;
- to separate carbonaceous metals from non-ferrous metal;
- crush plastic products (large-sized) to reduce volume;
- pack the copier powder in a separate package, just like all the classified and crushed components of office equipment, and after the accumulation of transport quantities in the warehouse, send it to enterprises and firms specializing in the processing of certain types of materials.

Fluorescent lamps are disposed of as follows. Non-working lamps immediately after removal from the luminaire should be packed in a cardboard box, paper or thin soft cardboard, protecting the lamps from mutual contact and accidental mechanical damage. After the accumulation of lamps with a volume of 1 transport unit, they are handed over for processing to the appropriate enterprise. It is unacceptable to throw away used energy-saving lamps together with ordinary garbage, turning it into mercury-containing waste that pollutes with mercury vapor.

#### 5.5 Safety in emergency situations

Natural emergency - the situation in a certain territory or water area that has developed as a result of the occurrence of a source of a natural emergency that may

or has caused human casualties, damage to human health and (or) the natural environment, significant material losses and violation of people's living conditions.

Production is located in the city of Tomsk with a continental cyclonic climate. Natural phenomena (earthquakes, floods, droughts, hurricanes, etc.) are absent in this city.

Possible emergencies at the facility in this case can be severe frosts and sabotage.

For Siberia in the winter season frosts are characteristic. Reaching critically low temperatures leads to accidents in heat and water supply systems, plumbing communications and power supply, and suspension of work. In this case, when preparing for winter, you should provide:

- a) gas-balloon heaters (spare heaters);
- b) diesel or gas-powered generators;
- c) stocks of drinking and technical water in the warehouse (at least 30 liters per person) [59];
- d) warm transport to deliver workers to and from work home in case of failure of municipal transport. Their number and capacity should be enough to ensure that work in production does not stop.

In the laboratory of the REC I.N. Butakov, the occurrence of emergency situations (ES) of a man-made nature is most likely.

To prevent the likelihood of sabotage, the enterprise must be equipped with a video surveillance system, round-the-clock security, a pass system, a reliable communication system, as well as to exclude the dissemination of information about the security system of the facility, the location of premises and equipment in the premises, security systems, signaling devices, their installation locations and number. Officials conduct training sessions every six months to practice actions in case of emergency evacuation.

## 5.6 Normative and technical documentation

1. GOST 12.4.154-85 “SSBT. Screening devices for protection against electric fields of industrial frequency”.

2. GN 2.2.5.1313-03 Maximum allowable concentrations (MPC) of harmful substances in the air of the working area.

3. SanPiN 2.2.4.548-96. Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises.

4. CH 2.2.4/2.1.8.562-96. Noise at workplaces, in the premises of residential, public buildings and in residential areas.

5. GOST R 12.1.019-2009. Electrical safety. General requirements and nomenclature of types of protection.

6. GOST 12.1.030-81. Electrical safety. Protective ground. Zeroing.

7. GOST 12.1.004-91. Fire safety. General requirements.

8. GOST 12.2.037-78. Fire fighting equipment. Safety requirements

9. SanPiN 2.1.6.1032-01. Hygienic requirements for ambient air quality

10. GOST 30775-2001 Resource saving. Waste management. Classification, identification and coding of waste.

11. SNiP 21-01-97. Fire regulations.

12. GOST 12.4.154. System of labor safety standards. Screening devices for protection against electric fields of industrial frequency. General technical requirements, main parameters and dimensions.

### 5.7 Section conclusion

This section of the final qualification work describes the requirements necessary for implementation. Harmful and dangerous factors of industrial premises are identified and analyzed. Various emergency situations and ways to prevent them are analyzed.

On the basis of legislative and regulatory documents, the main requirements for workplaces, equipment and maintenance personnel are given.

The complex of developed organizational measures and technical means of protection, as well as the accumulated experience of a number of computer centers, shows that it is possible to achieve much greater success in eliminating the impact of hazardous and harmful production factors.

Improving the safety of personnel and the public, as well as increasing labor productivity - this is what an efficient and safe organization of work can lead to.

## Приложение Б

(Обязательное)

### Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Таблица Б.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожг}$ , чел-дни							
	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер	Науч. рук.	Инженер						
Составление и утверждение технического задания	1	-	3	-	1,8	-			2	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	5	5	3,2	3,2			2	2	3	3
Выбор направления исследований	1	-	3	-	1,8	-			2	-	3	-
Календарное планирование работ по теме	1	-	2	-	1,4	-			2	-	3	-
Проведение предварительных расчетов и обоснований	-	15	-	30	-	21			-	21	-	32
Очистка и измельчение биомассы	3	3	5	5	3,8	3,8			2	2	3	3

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Определение энергетических характеристик смесового топлива	-	7	-	14	-	9,8			-	10	-	15
Определение количества газов, выбрасываемых в атмосферу при использовании топлива	-	2	-	3	-	2,4			-	3	-	5
Оценка и обсуждение результатов	-	20	-	30	-	24			-	24	-	36
Оценка эффективности полученных результатов	-	10	-	20	-	14			-	14	-	21
Составление пояснительной записки (эксплуатационно - технической документации)	-	3	-	7	-	4,6			-	5	-	7

Таблица Б.2– Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр			март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	3	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель и инженер	3	■													
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель	3		■												
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	3		■												
5	Проведение предварительных расчетов и обоснований	Инженер	32														
6	Очистка и измельчение биомассы	Научный руководитель и инженер	3							■							
7	Определение энергетических характеристик смесового топлива	Инженер	15														
8	Определение количества газов, выбрасываемых в атмосферу при использовании топлива	Инженер	5														

9	Оценка и обсуждение результатов	Инженер	36														
10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер	21														
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	7														

– науч  й руководитель

– инженер

