

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Использование твердых бытовых отходов в качестве основного вида топлива мини-ТЭЦ</b>

УДК 628.4.032:621.311.22:697.34:621.182.2-66

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Ларионов К.Б.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева И.Л.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Антонова А.М.	к.т.н., доцент		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП**  
**Тепловые электрические станции**  
**по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
ОПК(У)-2	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях при решении профессиональных задач
ОПК(У)-3	Способен вести инженерную деятельность, разрабатывать, оформлять и использовать техническую проектную и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями действующих нормативных документов
ОПК(У)-4	Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок
ОПК(У)-5	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники, использовать электронные приборы и устройства в производственной деятельности, осуществлять метрологическое обеспечение
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен применять знания теоретических основ теплотехники и гидрогазодинамики при решении научных и практических профессиональных задач
ПК(У)-2	Способен анализировать эффективность современных технологий преобразования энергии в энергетических установках
ПК(У)-3	Способен разрабатывать природоохранные, энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на ТЭС

ПК(У)-4	Способен разрабатывать инструкции по эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС
ПК(У)-5	Способен проектировать объекты теплоэнергетики и тепломеханическое оборудование тепловых электростанций
ПК(У)-6	Способен участвовать в управлении процессом эксплуатации оборудования и трубопроводов ТЭС, контролировать параметры технологических процессов и показатели качества рабочего тела

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

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ А.М. Антонова  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>бакалаврской работы</b> (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна

Тема работы:

<b>Использование твердых бытовых отходов в качестве основного вида топлива мини-ТЭЦ</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.05.2022, 132-5/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20 июня 2022 года
--	-------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(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 особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является мини-ТЭЦ, работающая на твердых бытовых отходах.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам 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).</i></p>	<p>Анализ современного состояния проблемы формирования отходов, их переработки и утилизации. Определение массового и объемного составов мусорной корзины для различного времени года и регионов. Сопоставление топливно-энергетических показателей работы мини-ТЭЦ в зависимости от состава ТБО.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Принципиальная схема мини-ТЭЦ</p>

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

Раздел	Консультант
<b>Финансовый менеджмент</b>	Гасанов М.А Профессор ОСТН
<b>Социальная ответственность</b>	И.Л.Мезенцева, Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Обзор литературы
Методическое обеспечение
Исследование процесса горения различных типов отходов
Расчет топливно-энергетических показателей отходов
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение
Социальная ответственность

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	20.12.22
---	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ	Ларионов К.Б.	к.т.н., доцент		20.12.22

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна		20.12.22

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна

<b>Школа</b>		<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ИШЭ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
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 потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

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

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	20.03.22
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		20.03.22

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна		20.03.22

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
5Б8А		Мельник Гульнара Сергеевна	
<b>Школа</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>НОЦ И. Н.Бутакова</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	<b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b>

Тема ВКР:

<b>Использование твердых бытовых отходов в качестве основного вида топлива мини-ТЭЦ</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования <u>твердые бытовые отходы</u></p> <p>Область применения <u>мини-ТЭЦ</u></p> <p>Рабочая зона: <u>лаборатория</u></p> <p>Размеры помещения (климатическая зона*) <u>10x10 м</u></p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны: <u>камер сгорания, объемом 0,012 м3 – 1 шт, высокоскоростная видеокамера – 1 шт, координатный механизм – 1 шт, поточный газоанализатор – 1 шт, пресс – 1 шт.</u></p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне <u>пеллетирование, пиролиз, съемка образцов, анализ результатов</u></p> <p><i>*для работы в полевых условиях</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><b>ГОСТ 12.1.003-2014</b>  <b>СП 52.13330.2016</b>  <b>ГОСТ 12.2.032-78</b>  <b>ГОСТ 12.2.033-78</b>  <b>ГОСТ 12.2.049-80</b>  <b>Трудовой кодекс РФ</b></p>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения и при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги тканей организма человека;</li> <li>2. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов;</li> <li>3. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенный уровень локальной вибрации;</li> <li>2. Повышенный уровень шума;</li> <li>3. Недостаток необходимого искусственного освещения;</li> <li>4. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</li> <li>5. Длительное сосредоточенное наблюдение.</li> </ol>

	<p>– Средства коллективной защиты: вентиляция и очистка воздуха, локализация вредных факторов, отопление, источники вета, осветительные приборы, звукоизолирующие устройства, виброгасящие устройства.</p> <p>– Средства личной защиты: респираторы, накидка, рукавицы, противошумные наушники</p>
<b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</b>	<p>Воздействие на селитебную зону: воздействие не обнаружено</p> <p>Воздействие на литосферу: сброс шлама</p> <p>Воздействие на гидросферу воздействие не обнаружено</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс углекислого газа, метана, сернистого газа и др.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения</b>	<p>Возможные ЧС: техногенного характера (пожар, взрыв)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			20.03.22

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б8А	Мельник Гульнара Сергеевна		20.03.22



## Реферат

Выпускная квалификационная работа 62 страницы, 7 рисунков, 20 таблиц, 7 источников.

Объектом исследования является мини-ТЭЦ, работающая на твердых бытовых отходах.

Цель работы – использование твердых бытовых отходов в качестве основного топлива на мини-ТЭЦ.

В процессе исследования были определены физико-химические характеристики образцов, произведен расчет количества топлива для выработки необходимой энергии.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, а графическая часть выполнена в графическом редакторе Инвентор.

## **Список используемых сокращений**

ТЭЦ – теплоэлектростанция;

ТБО – твердые бытовые отходы;

RDF – refuse derived fuel, топливо, получаемое из твердых бытовых отходов.

## Оглавление

1	Обзор литературы .....	13
1.1	Анализ современного состояния проблемы формирования отходов.....	13
1.2	Типовая структура формирования отходов.....	16
1.3	Утилизация отходов методом сжигания.....	20
2	Методическое обеспечение .....	22
3	Исследование процесса горения различных типов отходов .....	24
4	Расчет топливно-энергетических показателей работы мини-ТЭЦ.....	26
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	29
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	29
5.2	Анализ конкурентных технических решений .....	30
5.3	SWOT-анализ.....	31
5.4	Планирование работ по научно-техническому исследованию.....	34
5.4.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	34
5.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	35
5.4.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	36
5.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	41
5.5.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	41
5.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ.....	42
5.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы .....	43
5.5.4	Расчет дополнительной заработной платы.....	46
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	47
5.5.6	Накладные расходы.....	48
5.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	48
5.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	49
6	Социальная ответственность.....	52
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	53
6.1.1	Правовые нормы трудового законодательства.....	53
6.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны .....	54
6.2	Производственная безопасность .....	55
6.3	Экологическая безопасность.....	58
6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	59
	Вывод по разделу социальная ответственность.....	60
	Заключение.....	61
	Список использованных источников.....	62

## **Введение**

В настоящее время активно обсуждаются возможности альтернативной энергетики. Это связано в первую очередь с экологическими проблемами, поскольку отходы от использования нынешних средств весьма токсичны. Во-вторых, остро стоит вопрос о невозобновляемости энергетических ресурсов, в том числе природных запасов, используемых в качестве топлива на ТЭЦ. Данная проблематика натолкнула на тему выпускной квалификационной работы.

**Цель:** использование твердых бытовых отходов в качестве основного топлива на мини-ТЭЦ.

Объект исследования – мини-ТЭЦ, предмет – ТБО.

Основные задачи работы: ознакомиться с зарубежным опытом, исследовать опытные образцы и проверить возможность использования на российских предприятиях. По результатам всех этапов сформулировать рекомендации по эффективному использованию ТБО. Результат данной выпускной квалификационной работы поможет в решении экологической и энергоресурсной проблем.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Анализ современного состояния проблемы формирования отходов

Население планеты с каждым днем только увеличивается и возникает высокая потребность в переработке мусора. В мире ежегодно образует 2,01 миллиарда тонн твердых бытовых отходов. В перспективе к 2050 году это число увеличится до 3,4 миллиарда тонн. При этом количестве около 33% не обрабатываются человеком экологически безопасным способом. По оценкам на 2016 год было произведено 1,6 миллиарда тонн выбросов парниковых газов в эквиваленте диоксида углерода, что составляет примерно 5% глобальных выбросов. [1]

Проблемой количества твердых бытовых отходов человечество обеспокоено достаточно давно. В развитых странах практикуют метод домашней переработки, чтобы в баки попадал уже отсортированный мусор. Это значительно облегчает дальнейшую утилизацию. Основную роль играет осознанность граждан в этом вопросе. В России на данный момент не распространена сортировка отходов. Люди привыкли в один мешок утилизировать и пищевой и бытовой мусор.

В 2015 году было подписано Парижское соглашение в Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, касающееся смягчения последствий выбросов парниковых газов, адаптации к ним и финансирования, начиная с 2020 года. Под этим соглашением подписалось 192 государства, включая Россию, но количество вырабатываемого мусора нельзя так быстро остановить или даже замедлить. Исследования, на которые опирается данная выпускная работа, проводилось в 2016-2018 годах, что возможно показывает такую же актуальность данной проблемы.

На данный момент, в Европе и Центральной Азии основное внимание уделяется совершенствованию систем сбора отходов, строительству

центральных захоронений. В нашей стране основную часть отходов (больше 90 процентов [2]) свозят на полигон для дальнейшего захоронения. Полигоны представляют собой сложные техногенные образования, в пределах которых проходят различные по структуре и составу вещества испытывают длительные биохимические изменения. Данный подход не экологичен, часто вредит не только окружающей среде, но и непосредственно человеку. Огромные площади земли используются нерационально, в том числе в результате процессов разложения мусора загрязняется атмосфера выбросами. Твердые отходы взаимодействуют с воздухом, подземными и поверхностными водами, почвой, породами и осадками, что приводит к образованию техногенных геохимических полей. В районах полигонов высокий уровень шума, повышенные температура и уровень радиоактивности [3]. Подобные места могут находиться достаточно близко к жилым окрестностям, что может провоцировать развитие болезней у работников данной сферы, жителей ближайших населенных пунктов и в целом понижает качество жизни. Необходимо не только сортировать мусор, но и уделить большее внимание его утилизации. [1]

Южная Корея является ведущей страной в сфере переработки и сортировки отходов. Основной принцип – повторное использование, либо возврат в производственный цикл. Граждане этой страны имеют определенные рекомендации по классификации и утилизации. В Корее работает электронная система, отслеживающая качество первичной сортировки и утилизации отходов физическими и юридическими лицами. Данная программа помогла в Сеуле сократить количество пищевых отходов на 20 процентов [1], устранила незаконную переработку в стране. Наиболее важно, что система информации об отходах позволила ввести плату за отходы на основе объема, что привело к значительным изменениям в поведении граждан и снижению потребления ресурсов.

В Евросоюзе мусор является источником энергии для обеспечения населения и промышленных нужд отоплением и электричеством посредством сжигания на мусорозаводах. Несмотря на глобальность проблемы переработки

вторсырья, в Российской Федерации когда-то использовалась система безотходного производства. Сейчас же возможно модернизировать данную систему и сделать основополагающим факт цикличности за счет вторичного использования.

## 1.2 Типовая структура формирования отходов

По мере роста благосостояния стран пугающая ситуация с обращением отходов меняется в лучшую сторону. Процесс этого роста связан с увеличением производства, а значит и с увеличением отходов на душу населения. Кроме того, быстрая урбанизация и рост численности населения привели к созданию более крупных населенных пунктов, и соответственно к увеличению количества агломераций, что все более затрудняет сбор всех отходов и приобретение земель для захоронения, либо повторного использования.

Доля образующихся отходов в разбивке по регионам в процентах

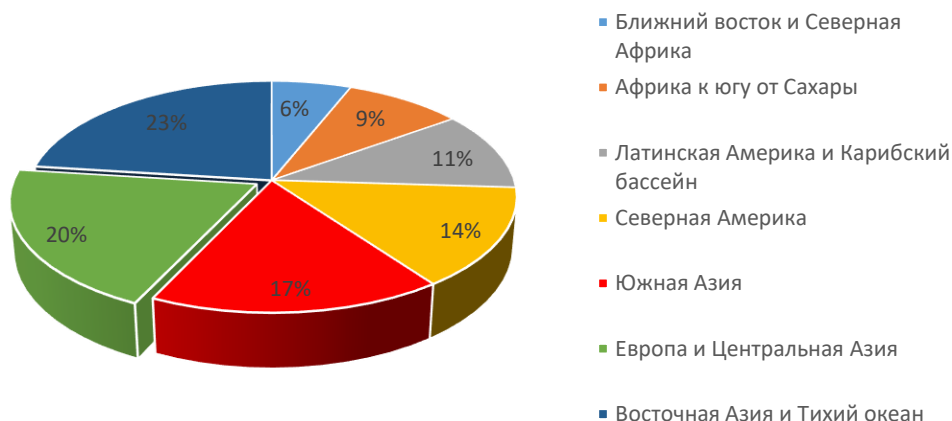


Рисунок 1 – Доля образующихся отходов по регионам [1]

По данной диаграмме мы можем наблюдать корреляцию между уровнем развитости и количеством производимых отходов. Управление отходами может быть и является самой высокой статьей бюджета для многих местных администраций в странах с низким уровнем дохода, где на него приходится в среднем почти 20 процентов муниципального бюджета. В странах со средним уровнем дохода на утилизацию твердых отходов обычно приходится более 10 процентов муниципального бюджета, а в странах с высоким уровнем дохода – около 4 процентов. Бюджетные ресурсы, выделяемые на управление отходами, в некоторых случаях могут быть значительно выше. Из вышперечисленного



можно сделать вывод, что более обеспеченные страны настолько улучшили процесс переработки отходов, что он не является основной статьей расхода.

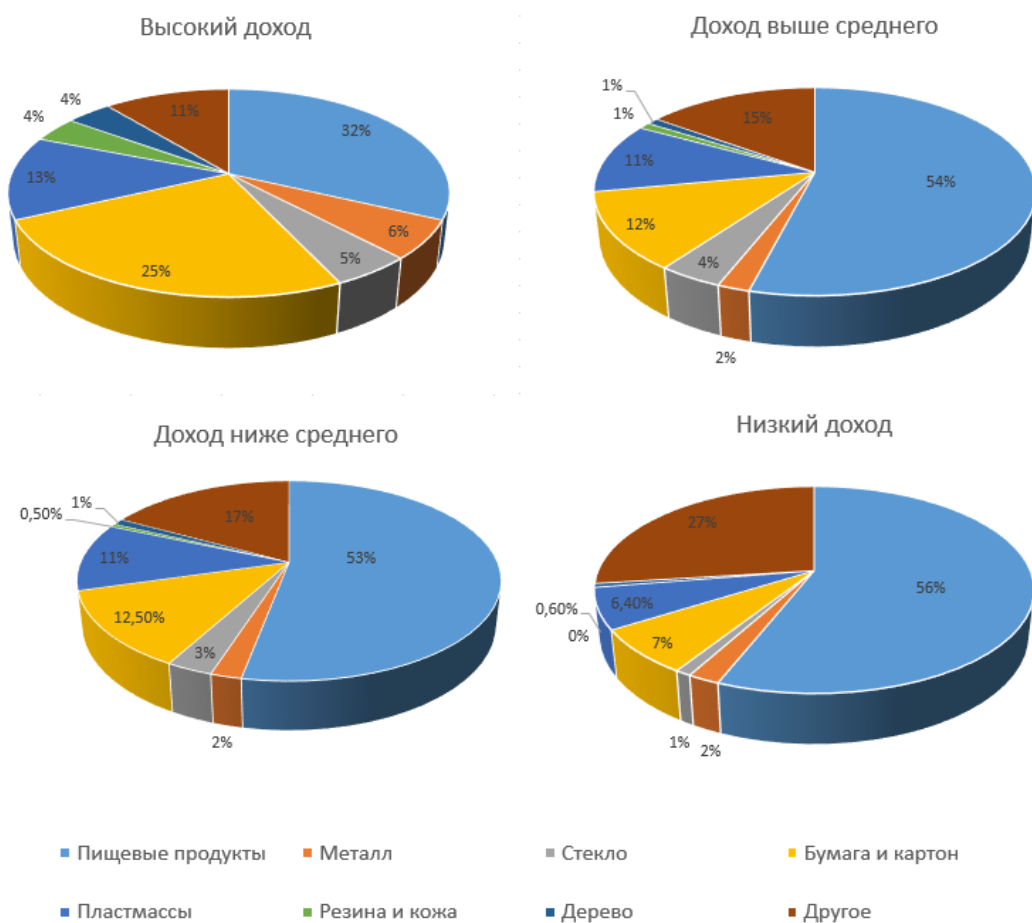


Рисунок 2 – Состав отходов в разбивке по уровню доходов в процентах [1]

Доля образующихся отходов по уровню доходов в процентах

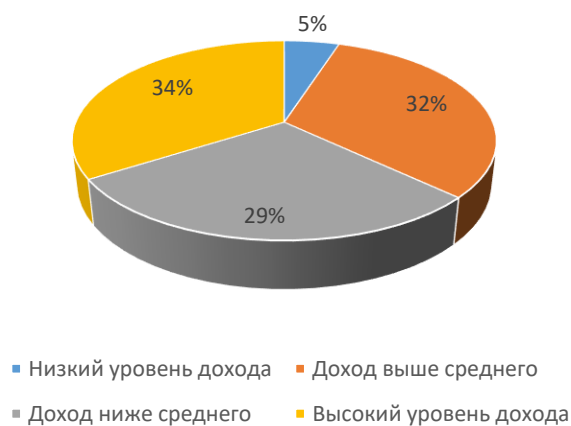


Рисунок 3 – доля образующихся отходов по уровню доходов в процентах [1]

Состав отходов различается в зависимости от уровня доходов, что отражает различные модели потребления. Страны с высоким уровнем дохода производят относительно мало пищевых и экологически чистых отходов (32 процента от общего объема отходов) и производят больше сухих отходов, которые могут быть переработаны, включая пластик, бумагу, картон, металл и стекло, на долю которых приходится 51 процент отходов. Страны со средним и низким уровнем дохода производят 53 процента и 56 процентов пищевых и экологически чистых отходов соответственно, при этом доля органических отходов увеличивается по мере снижения уровня экономического развития. В странах с низким уровнем дохода материалы, которые могут быть переработаны, составляют лишь 16 процентов потока отходов. В отдельных регионах не так много различий в потоках отходов, выходящих за рамки тех, которые связаны с доходом. Во всех регионах в среднем образуется около 50 и более процентов органических отходов, за исключением Европы, Центральной Азии и Северной Америки, где образуется более высокая доля сухих отходов.

Рассмотрим регион Европы и Центральной Азии, т.к. он применим к нашей стране.

Состав отходов в Европе и Центральной Азии

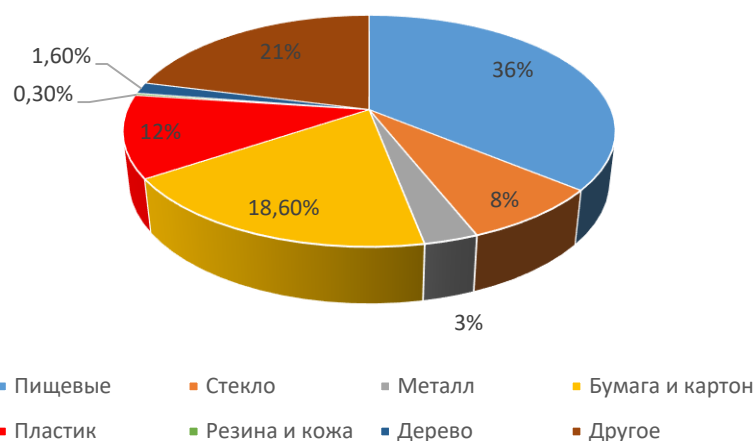


Рисунок 4 – Состав отходов в Европе и Центральной Азии в процентах [1]

В этом регионе растет число мероприятий по предотвращению накопления и переработке отходов. Страны, входящие в состав Европейского

союза сосредоточены на увеличении объемов вывоза отходов со свалок и принимают меры для утилизации всех санитарных отходов. В Восточной Европе и Центральной Азии в основном сосредоточены на закрытии старых свалок и строительстве централизованных объектов по очистке и удалению отходов. В странах Западной Европы в основном используют сжигание, что позволяет переработать 18% отходов по всему региону.

Меньше всего отходов образуется в основном в Восточной Европе или Центральной Азии, где ВВП на душу населения ниже. Отходы в основном являются органическими, что соответствует глобальным тенденциям.

### 1.3 Утилизация отходов методом сжигания

Экономический рост стран влечет за собой увеличение количества отходов. Мусор утилизируют тремя основными способами: захоронение на полигонах, комплексная переработка, сжигание. О первом методе было сказано в первой главе, так же о последствиях его использования. Переработка подходит для получения вторсырья. Технология данного метода включает в себя несколько этапов, таких как сортировка (сырье классифицируют по виду, цвету и др. параметрам, иногда материал обеззараживают), обработка (предполагает изменения формулы и формы для дальнейшей эксплуатации), утилизация (зависит от вида материала и целей). Подробнее остановимся на последнем.

RDF – refuse derived fuel, топливо, получаемое из твердых бытовых отходов. Этим способом получаем дополнительный источник энергии, что позволяет сократить использование невозобновляемых ресурсов (на основании теплотворной способности 1,7 кг RDF соответствует 1 м<sup>3</sup> газа). [4] Это является одним из перспективных методов утилизации, т.к. может снизить тарифы на тепловую энергию и не только.

Таблица 1 – характеристики твердого топлива [4]

Наименование	Элементарный состав, массовые %							$Q_H^p$ , кДж /кг
	$C^p$	$H^p$	$O^p$	$N^p$	$S^p$	$A^p$	$W^p$	
Антрацит	60,12	1,02	0,93	0,64	2,02	27,36	8,28	21342
Бурый уголь	34,41	2,51	10,98	0,55	0,57	17,66	33,34	12278
Каменный уголь	54,79	3,44	7,45	1,24	0,7	22,12	10,25	21126
RDF-топливо	34,4	4,6	23	0,9	0,3	26,9	10	13655

Исходя из данной таблицы можем сделать следующие выводы: 1. Теплота сгорания RDF – топлива колеблется в пределах от 12 до 20 МДж/кг, что является хорошим показателем в сравнении с другими энергоносителями. Теплотворная

способность RDF топлива имеет большой диапазон, т.к. состав ТБО зависит от региона, в котором оно было произведено, что было описано во второй главе данной выпускной квалификационной работы. 2. Применение альтернативного топлива дает возможность уменьшить выброс углекислого газа в атмосферу.

Стадии получения RDF – топлива:

1. Предварительная сортировка. Основная цель данного этапа отобрать те отходы, которые можно использовать повторно (бумага, металл, стекло, различные виды пластика), а также убрать потенциально опасные отходы, такие как батарейки, электронные устройства, хлорсодержащий пластик и др. Этот этап обязателен, поскольку многие фракции способны снижать теплоту сгорания.

2. Сушка

3. Измельчение

4. Магнитная сепарация применяется для отделения всего, что должно подлежать компостированию. Данный этап предотвращает попадание в топливо вредных веществ. Периодический контроль количества вредных выбросов в атмосферу необходим, т.к. оно должно соответствовать экологическим нормам.

5. Гранулирование. С помощью данной операции формируются брикеты RDF топлива.

В России и Европе такой вид топлива используется на цементных заводах. Предприятия испытывают трудности из-з постоянного роста цен на энергоносители. В качестве мер снижения затрат на данные нужды заменяют традиционное топливо альтернативным частично.

Основное преимущество RDF является возможность хранения в течении длительного времени. К тому же сжигание в печах оказывает меньшее воздействие на окружающую среду, т.к. технологические процессы проходят при температуре (1700 °С), которая минимизирует содержание вредных веществ в выходящих газах за счет термического разложения продуктов сгорания.

## 2 Методическое обеспечение

Для проверки возможности использования ТБО в качестве основного вида топлива необходимо провести опыты в лаборатории с определением технических характеристик. Это поможет объективно оценить целесообразность использования данного метода.

Этапы проведения эксперимента:

1. Подбор исследуемых образцов
2. Подготовка каждого вида для дальнейших манипуляций
3. Сжигание в муфельной печи
4. Определение элементного состава

Исследование воспламенения и горения проводилось на установке, схема которой изображена на рисунке 5.

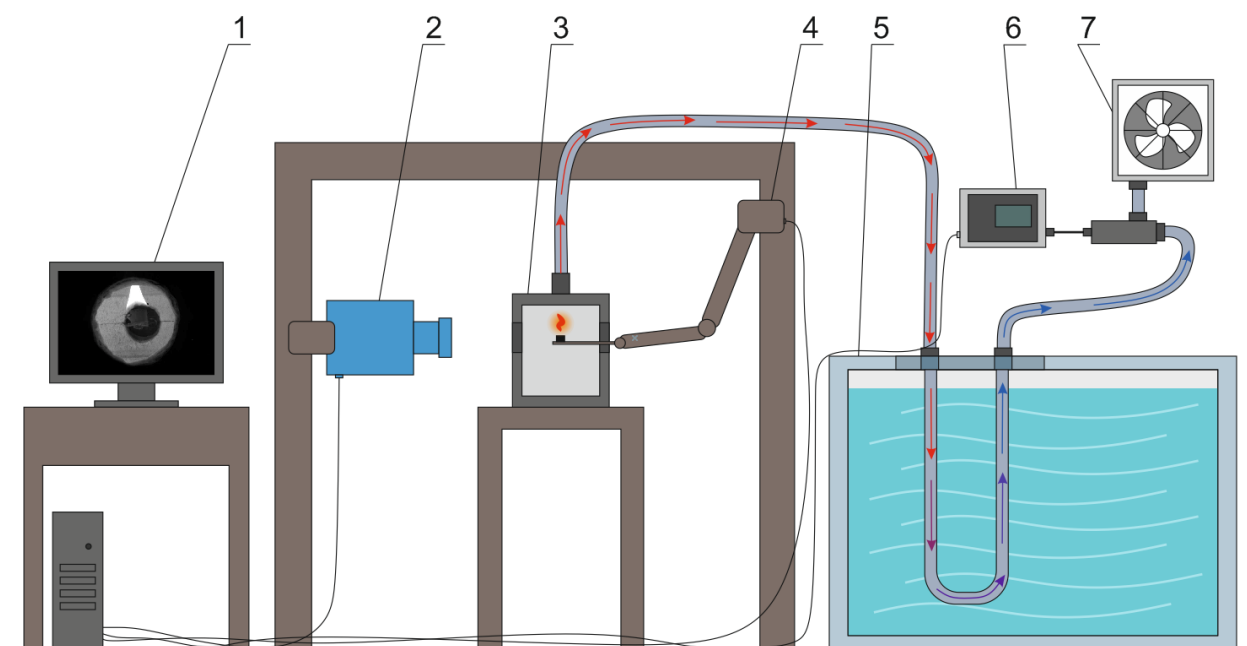


Рисунок 5 – Экспериментальная установка для изучения воспламенения и сжигания пеллет ТБО: 1 – рабочее место; 2 – высокочастотная видеокамера; 3 – муфельная печь с регулируемой температурой; 4 – площадка координатного механизма; 5 – охладитель газов; 6 – газовый хроматограф; 7 – система вентиляции воздуха.

В качестве образцов были выбраны твердые непищевые отходы шести различных видов (опилки, резинотехнические отходы, кожаные изделия, картон,

текстиль, пластик), которые обычно образуются в домашних хозяйствах. Исходное состояние исследуемых образцов непищевых ТБО было следующим: в качестве древесных опилок использовались детали старой мебели, резины – антивибрационный наполнитель, кожи – изношенная обувь, картона – обивочный материал, для текстиля – изношенная одежда и сломанные водопроводные трубы. Внешний вид исследуемых образцов приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид исследуемых образцов непищевых ТБО: 1 – опилки; 2 – картон; 3 – кожаные изделия; 4 – текстиль; 5 – пластик; 6 – резинотехнические отходы.

Исходные материалы разрезали на режущем оборудовании. Размер полученных элементов был менее 5 мм. Технические характеристики (влажность  $W$ , зольность  $A$ , выход летучих веществ  $V$  и теплота сгорания  $Q_{ir}$ ) были определены с помощью стандартных методик: ГОСТ Р 52911-2013 «Определение общей влаги», ГОСТ Р 55660-2013 «Определение выхода летучих веществ» и ГОСТ 147-2013 «Определение высшей теплоты сгорания и расчет низшей теплоты сгорания». Элементный состав (содержание  $C$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $O$  и  $S$ ) определяли на элементном анализаторе Vario Micro Cube (Elementar, Германия).

### 3 Исследование процесса горения различных типов отходов

Основные технические характеристики исследованных образцов непищевых отходов приведены в таблице 2. Характерные различия в химическом составе образцов очевидны. Для резинотехнических отходов и кожаных изделий наблюдалось незначительное содержание серы (менее 2% от общей массы). Однако содержание водорода варьировалось в узком диапазоне от 5 до 6,5% массы для всех образцов. Единственным исключением стал пластиковый образец с массой около 14,3% водорода. Этот образец также имел самую высокую теплотворную способность  $Q_i$  и содержание летучих веществ  $V^{daf}$  из-за почти полного отсутствия золы. Несмотря на высокое содержание летучих веществ во всех образцах (39 – 99 % массы), их теплотворная способность высока и сопоставима с традиционными энергетическими видами топлива. Для опилок и картона наблюдается исключительно высокая зольность  $A^d$ . В случае опилок это может быть вызвано их происхождением – при производстве мебели используются негорючие добавки, а в случае картона это может быть вызвано добавлением неорганических связующих для получения более плотной структуры конечного продукта.

Таблица 2 – Характеристики исследуемых образцов твердых непищевых отходов

Образец	Элементный состав, %					Технические характеристики			
	$C^d$	$H^d$	$N^d$	$S^d$	$O^d$	$A^d, \%$	$W^a, \%$	$V^{daf}, \%$	$Q_i, \text{MJ/kg}$
Опилки	48.46	5.90	3.65	0	33.37	8.62	3.8	82.33	27.97
РТО	65.36	6.39	0.91	1.68	3.96	21.7	0.4	38.97	18.38
Кожаные изделия	50.45	6.33	10.47	1.15	25.19	6.41	4.9	81.14	21.86
Картон	40.59	5.03	0.15	0	32.75	21.48	3.1	74.87	14.25
Текстиль	45.39	6.30	0.17	0	38.64	9.5	2.6	93.96	17.70
Пластик	84.66	14.28	0	0	1.06	0	0	99.47	45.83

Влажность варьировалась в пределах 0-4,9 % от массы. Опилки, картон и кожаные изделия имели наибольшую влажность, возможно, из-за впитавшейся в этот материал воды. Практически полное отсутствие влаги в образце пластика



(табл. 2) можно объяснить его гидрофобными свойствами и особенностями происхождения.

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

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании твердых бытовых отходов в качестве основного топлива на водогрейных котельных.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Результат НИ нацелен на энергетические комплексы, использующие традиционное топливо. В сегменты данного рынка можно выделить мини-ТЭЦ России, зарубежные мини-ТЭЦ, частные водогрейные котельные. Рассматриваем мини-ТЭЦ России и зарубежья, поскольку вырабатываемая мощность на них не высока.

## 5.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	Б <sub>3</sub>	К <sub>1</sub>	К <sub>2</sub>	К <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Простота проведения	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Стоимость услуги	0,2	5	4	3	1	0,8	0,6
3. Точность измерения	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
4. Универсальность метода	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
5. Безопасность метода	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
6. Цена	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
7. Конкурентоспособность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>4,75</b>	<b>3,9</b>	<b>3,6</b>

Где Б<sub>1</sub>–использование RDF-топлива с соотношением 1;

Б<sub>2</sub>– использование RDF-топлива с соотношением 2;

Б<sub>3</sub>– использование RDF-топлива с соотношением 3.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (6)$$

где К – конкурентоспособность вида;

V<sub>i</sub>– вес критерия (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

По данным оценочной карты можно увидеть, что для повышения конкурентоспособности с минимальными издержками более эффективно использовать RDF-топливо в качестве основного или добавленного на предприятии.

### 5.3 SWOT-анализ

Произведем также в данном разделе SWOT – анализ НИ, позволяющий оценить факторы и явления, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Сильные стороны — это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

Слабые стороны – это ограниченность научно-исследовательского проекта.

Возможности – вовремя обнаруженные благоприятные тенденции, не выявленный потенциал или потребность, поддерживающие спрос на результаты проекта и улучшить его конкурентную позицию.

Угроза представляет собой нежелательные факторы, барьеры для конкурентоспособности проекта в настоящем или будущем.

На первом этапе SWOT анализа в таблице 4 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 4 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются; С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.

Продолжение таблицы 4

Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами;</p> <p>Сл2. Значительные временные и интеллектуальные затраты</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на данные методы;</p> <p>У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения</p> <p>У3. Нехватка финансирования</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
B1		0	0	+	+	-	0
B2		+	+	+	+	+	+
B3		+	+	+	0	-	+

Таблица 6 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы проекта	Сильные стороны				Слабые стороны		
		C1	C2	C3	C4	Сл1	Сл2
У1		+	+	+	-	-	-
У2		+	+	+	-	-	+
У3		+	+	+	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- B2B3C1C2; B1B2B3C3; B1B2C4;
- B2B3Cл2; B2Cл1;
- У1У2У3C1C2C3;
- У2Cл2.

Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за трудоемкости процесса получения RDF-топлива.

Что касается слабых сторон, то для данных методов требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечение обучения нового персонала со знаниями методов, используемых в толщинометрии.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Данные методы все больше и больше изучаются, дорабатываются; С2. Методы, описанные в работе, несут в себе экономичность и ресурсоэффективность; С3. Актуальность и высокая технологичность методов; С4. Наличие опытного руководителя.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данными методами; Сл2. Значительные временные и интеллектуальные затраты
<b>Возможности:</b> В1. Нетрудоемкая адаптация научного исследования под иностранные языки; В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах; В3. Публикации о проекте в тематических журналах.	Большой потенциал применения метода в России и других странах способствует развитию и доработке методов получения RDF-топлива и дальнейшего его использования в промышленности	Для данного метода требуется привлечение опытных и квалифицированных специалистов, обеспечить обучение нового персонала со знаниями об изготовлении топлив.

## Продолжение таблицы 7

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные методы; У2. Отказ от технической поддержки проекта после внедрения У3. Нехватка финансирования	Отсутствие спроса влияет на актуальность и технологичность методов	Самой большой угрозой для проекта является отсутствие финансовой поддержки из-за энергозатратности получения необходимого топлива.
---	--	--

### 5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

#### 5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Продолжение таблицы 8

Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	4	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Создание научно-исследовательского образца RDF-топлива	Руководитель Бакалавр
	6	Разработка методики	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Бакалавр

#### 5.4.2 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, который зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожи}$  используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (7)$$

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



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

$t_{\max i}$  – 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 по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (8)$$

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

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

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

### 5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика 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 построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (9)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (10)$$

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.

Расчет коэффициента календарности:

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

Таблица 9 – 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			$T_{ож}$ , чел– дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы ВКР	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	1	1	1	1	1	1
Составление и утверждение плана работ	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Научный руководитель	1	1	2	1	1	2
Подбор и изучение материалов по теме	2	2	3	4	4	5	2,8	2,8	3,8	Студент	2	2	3	2	2	4
Выбор направления исследования	1	1	1	3	2	2	1,8	1,4	1,4	Студент, научный руководитель	2	2	2	2	2	2
Календарное планирование работ	1	1	1	3	4	4	1,8	2,2	2,2	Студент, научный руководитель	2	3	3	2	3	3

Продолжение таблицы 9

Подбор и изучение материалов по теме	9	10	13	12	16	17	10,2	12,4	14,6	Студент	12	13	16	16	17	22
Создание научно-исследовательского образца RDF-топлива	10	12	14	12	15	17	10,8	13,2	15,8	Студент, научный руководитель	11	14	15	13	18	19
Разработка методики	5	6	7	8	9	10	6,2	7,2	8,2	Студент	7	7	9	9	9	11
Оценка эффективности полученных результатов	4	4	5	6	6	8	4,8	4,8	6,2	Студент	4	5	5	4	7	7
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	5	5	5
Написание раздела «Социальная ответственность»	1	2	2	3	4	4	1,8	2,8	2,8	Студент	1	2	2	1	2	2
Оформление ВКР	5	4	6	7	7	8	5,8	5,2	6,2	Студент	5	6	7	5	8	9

Составлен план научного исследования, в котором разработан календарный план выполнения работ. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. С помощью показателей в таблице 10 был разработан календарный план-график проведения НИ по теме. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 10 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль		март			апрель			май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	■													
2	Составление и утверждение плана работ	НР	1	■													
3	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2		■												
4	Выбор направления исследования	Ст, НР	2		■												
5	Календарное планирование работ	Ст, НР	2		■												
6	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	16			■	■	■									
7	Создание научно-исследовательского образца RDF-топлива	Ст, НР	13					■	■								
8	Разработка методики	Ст	9							■	■						

Продолжение таблицы 10

9	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4																	
10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5																	
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1																	
12	Оформление ВКР	Ст	5																	

 научный руководитель; –  студент.

## 5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.
2. Затраты на спец.оборудование
3. Основная и дополнительная ЗП.
4. Социальные отчисления.
4. Прямые затраты.
5. Накладные расходы.

### 5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (11)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3
Тетрадь для записей	Шт.	1	1	1	45	45	45	45
Ручка	Шт.	1	1	1	20	20	20	20
Образец бумаги и картона	кг	0,58	0,5	0,6	11	6,38	5,5	6,6
Образец пластика	кг	0,36	0,3	0,4	50	18	15	20
Образец резины и кожи	кг	0,009	0,1	0	15	0,135	1,5	0
Образец дерева (ДВП)	Кг	0,05	0	0,1	0,04	0,002	0	0,004
Электроэнергия	кВт*ч	250	300	280	3,85	962,5	1155	1078
Итого, руб.						1052,017	1242	1169,604

Общие материальные затраты составили 1052руб.

### 5.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения

работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, тыс. руб. (Зм),		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	40	40	40	40
Программное обеспечение (MathCAD)	Шт.	1	1	1	7,8	7,8	7,8	7,8
Газоанализатор	Шт.	1	1	1	200	200	200	200
Весы аналитические	Шт.	1	1	1	100	100	100	100
Муфельная печь	Шт.	1	1	1	200	200	200	200
Координатор осевой	Шт.	1	1	1	20	20	20	20
Итого:						567,8	567,8	567,8

### 5.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20-30 % от



тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приводится в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел-дн.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Выбор темы ВКР	Ст, НР	1	1	1	5,1			5,1	5,1	5,1
2.	Составление и утверждение плана работ	НР	1	1	2	3,1			3,1	3,1	6,2
3.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	2	2	3	2			4	4	6
4.	Выбор направления исследования	Ст, НР	2	2	2	5,1			10,2	10,2	10,2
5.	Календарное планирование работ	Ст, НР	2	3	3	5,1			10,2	15,3	15,3
6.	Подбор и изучение материалов по теме	Ст	12	13	16	2			24	26	32
7.	Создание научно-исследовательского образца RDF-топлива	Ст, НР	11	14	15	5,1			56,1	71,4	76,5
8.	Разработка методики	Ст	7	7	9	2			14	14	18
9.	Оценка эффективности полученных результатов	Ст	4	5	5	2			8	10	10
10.	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Ст	5	5	5	2			10	10	10
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Ст	1	2	2	2			2	4	4
12	Оформление ВКР	Ст	5	6	7	2			10	12	14
Итого									156,7	185,1	207,3

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (12)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12–20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (13)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (14)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – 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, раб. дн.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (15)$$

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

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Тарифная заработная плата  $Z_{TC}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $Tc_1 = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 15

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель и	Разряд	$k_T$	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн.}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн.}$ , руб.
Научный руководитель	Старший преподаватель	1,866	30000	0,3	0,4	1,3	66300	3731,45	17	63434,77
Студент	Инженер	1,407	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1872	52	97344
Итого										160778,77

#### 5.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн.}, \quad (16)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

### 5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (17)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	63434,77	78360,6	85823,52	9515,22	11754,09	12873,53
Студент	97344	112320	127296	14601,6	16848	19094,4
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3					
Итого						
Исполнение 1	55468,68					
Исполнение 2	65784,81					
Исполнение 3	73526,24					

### 5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (18)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Накладные расходы для исполнения 1 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1052,017 + 567800 + 63434,77 + 97344 + 9515,215 + 14601,6 + 55838,46) \cdot 0,16 = 129533,77 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 2 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1242 + 567800 + 78360,6 + 112320 + 11754,09 + 16848 + 66223,37) \cdot 0,16 = 136727,69 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для исполнения 3 составили:

$$Z_{\text{накл}} = (1169,604 + 567800 + 85823,52 + 127296 + 12873,53 + 19094,4 + 74016,41) \cdot 0,16 = 142091,754 \text{ руб.}$$

### 5.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 17.

Таблица 17 –Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1052,017	1242	1169,604	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	567800	567800	567800	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	156700	185100	207300	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24116,81	28602,09	31967,93	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	55838,46	66223,37	74016,41	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	55468,68	65784,81	73526,24	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НТИ	860972,967	914752,27	955780,184	

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (19)$$

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

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

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

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{860972,967}{955780,184} = 0,9;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{914752,27}{955780,184} = 0,957;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{955780,1840}{955780,184} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (20)$$

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

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

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4	3
4. Энергосбережение	0,15	5	3	4
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,55	3,45

$$I_{p-\text{исп1}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{испi}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,7}{0,9} = 5,22$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,55}{0,957} = 3,71;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{3,45}{1} = 3,45.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (21)$$

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	0,957	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,55	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	5,22	3,71	3,45
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,657	0,576

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.