

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.04.02 Ядерная физика и технологии

Кафедра Физико-энергетических установок

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Анализ возможности использования борсодержащих материалов в транспортных упаковках с РАО

УДК 621.039.746

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	к.ЭКОН.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для теоретических и экспериментальных исследований в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов в профессиональной деятельности.
P2	Ставить и решать инновационные инженерно-физические задачи, реализовывать проекты в области использования ядерной энергии, ядерных материалов, систем учета, контроля и физической защиты ядерных материалов, технологий радиационной безопасности, медицинской физики и ядерной медицины, изотопных технологий и материалов.
P3	Создавать теоретические, физические и математические модели, описывающие конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом и живой материей, физику кинетических явлений, процессы в реакторах, ускорителях, процессы и механизмы переноса радиоактивности в окружающей среде.
P4	Разрабатывать новые алгоритмы и методы: расчета современных физических установок и устройств; исследования изотопных технологий и материалов; измерения характеристик полей ионизирующих излучений; оценки количественных характеристик ядерных материалов; измерения радиоактивности объектов окружающей среды; исследований в радиозоологии, медицинской физике и ядерной медицине.
P5	Оценивать перспективы развития ядерной отрасли, медицины, анализировать радиационные риски и сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать меры по снижению рисков и обеспечению ядерной и радиационной безопасности руководствуясь законами и нормативными документами, составлять экспертное заключение.
P6	Проектировать и организовывать инновационный бизнес, разрабатывать и внедрять новые виды продукции и технологий, формировать эффективную стратегию и активную политику риск-менеджмента на предприятии, применять методы оценки качества и результативности труда персонала, применять знание основных положений патентного законодательства и авторского права Российской Федерации.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.

P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
-----	---

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Кафедра Физико-энергетических установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. Кафедрой

_____ Долматов О.Ю.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич

Тема работы:

Анализ возможности использования борсодержащих материалов в транспортных упаковках с РАО

Утверждена приказом директора (дата, номер)	1618/с от 26.02.2016
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> – константные базы данных ENDF/B-VI.8 и ENDF/B-VII.0; – подробная информация о действующем законодательстве в области хранения РАО.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>введение: цель работы, область применения и значимость рассматриваемой проблемы;</p> <p>основная часть: обзор методов расчёта радиационной защиты, обзор программного обеспечения SCALE, сравнительный анализ защитных характеристик исследуемого материала, моделирование контейнера с усиленной защитой, анализ полученных результатов, расчёт себестоимости проведения исследовательской работы, разработка</p>

	производственной безопасности при проведении экспериментов (в соответствии со стандартами и инструкциями по технике безопасности).
Перечень графического материала	<ul style="list-style-type: none"> – презентация; – чертёж исследуемого контейнера.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Иностранный язык	Демьяненко Н.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Tungsten tetraboride: superhard material / Тетраборид вольфрама: сверхтвёрдый материал	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич

Институт	Физико-технический	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерные реакторы и энергетические установки

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

<p>1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i></p> <p>2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i></p> <p>3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i></p>	<p>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i></p> <p>2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i></p> <p>3. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i></p>	<p>Оценочная карта конкурентных технических решений</p> <p>Иерархическая структура работ SWOT-анализ Календарный план-график реализации проекта</p> <p>Определение ресурсоэффективности проекта</p>
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. *Оценочная карта конкурентных технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Иерархическая структура работ*
4. *Календарный план проекта*
5. *Бюджет проекта*
6. *Определение ресурсоэффективности проекта*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Верховская М.В.	к.ЭКОН.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа ОАМ4Г	ФИО Бородай Алексей Юрьевич
-----------------	--------------------------------

Институт	Физико-технический	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерные реакторы и энергетические установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> – вредных факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	электробезопасность, пожаробезопасность, требования при работе на ПЭВМ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – воздействие на организм человека; – приведение допустимых норм; – предлагаемые средства защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОАМ4Г	Бородай Алексей Юрьевич		

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

Институт Физико-технический
 Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
 Кафедра Физико-энергетических установок
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
3.02.2016	Разработка технического задания	5
5.02.2016	Составление и утверждение технического задания	5
10.02.2016	Выбор направления исследований	5
12.02.2016	Подбор и изучение материалов по теме	5
13.02.2016	Календарное планирование работ	5
14.02.2016	Изучение инженерных методов расчёта	10
15.02.2016	Изучение программного кода SCALE	10
30.03.2016	Моделирование контейнера	10
14.02.2016	Выполнение расчётов и анализ полученных данных	10
25.04.2016	Обобщение и оценка результатов	10
26.04.2016	Составление пояснительной записки	5
27.04.2016	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	10
25.05.2016	Подготовка к защите	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	Долматов О.Ю.	к.ф.-м.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает в себя: 126 страниц, 43 рисунка, 24 таблицы, 5 приложений.

Ключевые слова: транспортировка и хранение РАО, расчётный код SCALE, тетраборид вольфрама, ионизирующее излучение, нейтронная защита.

Объектом исследования является тетраборид вольфрама.

Цель работы – проведение многоступенчатого анализа возможности применения тетраборида вольфрама в качестве материала для усиления радиационной защиты контейнеров для транспортировки и хранения РАО.

В процессе исследования были изучены инженерные и программные методы расчёта ослабления потоков радиационных частиц, проанализированы различные защитные материалы с точки зрения ослабления проходящего через них ионизирующего излучения.

В результате исследования получены подробные данные о радиационно-защитных характеристиках тетраборида вольфрама.

Степень внедрения: высокая.

Область применения: ядерная промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы высокая.

Оглавление

Введение	11
1 Обзор литературы	14
1.1 Источники РАО	14
1.2. Предпосылки к увеличению активности РАО.....	15
1.3 Тетраборид вольфрама.....	16
2 Описание методов расчёта.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Постановка задачи.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Выбор контейнера для модификации.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Инженерные методы расчёта.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.1 Инженерные методы расчёта альфа-излучения.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.2 Инженерные методы расчёта бета-излучения	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.3 Инженерные методы расчёта гамма-излучения	Ошибка! Закладка не определена.
2.3.4 Инженерные методы расчёта нейтронного излучения..	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Расчёты с помощью программы SCALE.	Ошибка! Закладка не определена.
2.4.1 Описание входных данных программы SCALE	Ошибка! Закладка не определена.
3 Расчёты и анализ полученных данных.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Сравнительный анализ тетраборида вольфрама, свинца и стали.	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Анализ возможности замены защитного слоя из свинца на слой тетраборида вольфрама	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Анализ возможности улучшения контейнера добавлением защитного слоя из тетраборида вольфрама	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.1 Расчёт альфа-излучения	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.2 Расчёт бета-излучения.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.3 Анализ защиты от нейтронного и гамма-излучения .	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.4 Расчёт дозовых характеристик	Ошибка! Закладка не определена.
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	17
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	17

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	18
4.1.2 SWOT-анализ.....	20
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	23
4.2.1 Иерархическая структура работ проекта	23
4.2.2 Контрольные события проекта	23
4.2.3 План проекта.....	24
4.3 Бюджет научного исследования.....	27
4.3.1 Расчёт материальных затрат	27
4.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ).....	28
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	29
4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	31
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	32
4.3.6 Накладные расходы.....	32
4.3.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта	33
4.4 Организационная структура проекта	33
4.5 Матрица ответственности.....	34
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	35
5 Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих.	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.1 Организационные мероприятия.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.2.2 Технические мероприятия	Ошибка! Закладка не определена.
5.3 Условия безопасной работы	Ошибка! Закладка не определена.
5.4 Электробезопасность	Ошибка! Закладка не определена.
5.5 Пожарная и взрывная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение.....	Ошибка! Закладка не определена.
Список публикаций.....	39
Список использованных источников	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	Ошибка! Закладка не определена.

Приложение Б.....**Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение В**Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение Г**Ошибка! Закладка не определена.**
Приложение Д**Ошибка! Закладка не определена.**

Введение

Модернизация контейнеров для транспортировки и хранения РАО является актуальной задачей в современном мире. Важность данной задачи обусловлена ежегодным увеличением объёмов РАО в России и во всём мире, а также ужесточением законодательства в области обращения с ядерными материалами и с РАО в частности.

Проблему увеличения объёмов РАО можно попытаться решить не только путём модернизацией имеющихся контейнеров, но и путём создания новых. У второго пути есть свои преимущества, в частности отсутствие жёсткой ограниченности при проектировании, неизбежной при работе с действующими моделями, возможность создания принципиально новых видов контейнеров. Однако этот путь более затратный, т.к. для новых контейнеров потребуется разработка новых технологий их создания, новое оборудование для работы с ними, поменяются многие разработанные ранее регламенты. Модернизация существующих контейнеров практически полностью лишена данных недостатков при определённых условиях, например при неизменности внешних параметров контейнеров. Из этого следует, что модернизация существующих контейнеров экономически более эффективна, что очень важно в современном мире.

Для глубокой модернизации существующих модификаций контейнеров для транспортировки и хранения РАО требуются исследования в области получения и применения новых материалов, с хорошими защитными характеристиками, а так же исследования в области расчётов для математического обоснования пригодности различных модификаций.

Новые защитные материалы должны обладать такими характеристиками как высокий уровень останавливающего воздействия на различные виды радиоактивного излучения, радиационная стойкость, а так же стойкость к различным внешним раздражителям (механическая и химическая стойкость).

Так же важны такие параметры как низкая стоимость материалов и их технологичность.

При модернизации контейнеров важен не только выбор защитного материала, но и геометрия его использования. В частности, новыми материалами можно заменить часть материалов, используемых в контейнере, так же можно создать дополнительные защитные слои как внутри, так и на поверхности контейнеров.

Варианты частичной замены старых материалов контейнеров и создания новых внешних защитных слоёв являются наименее технологичными. Замена материалов приведёт к сильному изменению технологии создания, так же это потребует более высоких показателей у нового материала. Например, при использовании новых материалов в качестве дополнительного внутреннего слоя защиты, такие характеристики, как механическая и химическая устойчивости могут быть низкими у нового материала. Т.к. данных защитные функции остаются у старой оболочки, а то время как при подборе материала для внутреннего слоя можно сосредоточиться на радиационно-защитных характеристиках. При создании внешнего защитного слоя могут сильно измениться условия эксплуатации контейнера. Внешний защитный слой приведёт к увеличению габаритов, а так же потребует создания новых систем креплений и стоек. Кроме того это внесёт изменения в технологию транспортировки данного контейнера.

Для обоснования эффективности модернизации потребуется произвести ряд численных экспериментов.

Новизна данной работы заключается в исследовании в качестве защитного материала тетраборида вольфрама, а так же проведение расчётов радиационной защиты и дозовых характеристик с использованием программного пакета SCALE-6.0.

Цель работы: провести многоступенчатый анализ возможности применения тетраборида вольфрама в качестве материала для усиления радиационной защиты контейнеров для транспортировки и хранения РАО.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- изучить методы расчёта ослабления потоков частиц при прохождении их через различные материалы;
- сделать сравнительный анализ радиационно-защитных характеристик используемых в настоящее время защитных материалов и исследуемого материала;
- проанализировать возможность замены некоторых используемых в настоящее время защитных материалов на исследуемый материал в существующих контейнерах для транспортировки РАО;
- проанализировать возможность модернизации существующих контейнеров методом создания дополнительного внутреннего защитного слоя из исследуемого материала с расчётом потоковых характеристик и дозовых характеристик.

1 Обзор литературы

1.1 Источники РАО

Ежегодно в России увеличиваются объёмы РАО. Источниками РАО являются 10 действующих АЭС, содержащие 35 энергоблоков общей мощностью 25 443 МВт, подводный и надводный атомный флот (свыше 70 единиц, включая списанные неутилизованные субмарины), перерабатывающие заводы и военно-промышленный комплекс.

Так же увеличению объёмов РАО способствовала федеральная целевая программа «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2008 год и на период до 2015 года» (ФЦП ЯРБ-1), входе которой был произведён сбор радиоизотопных источников энергии с северных регионов, утилизировано множество атомных субмарин и произведена дезактивация различных ядерных объектов советского наследия [1].

Стоит отметить, что итогом ФЦП ЯРБ-1 стало общее снижение объёмов РАО: на 01.01.2015 г. объем накопленных РАО составил 431 млн м³ ЖРО и 76 млн т ТРО (соответственно 486 млн м³ и 87 млн т на момент принятия ФЦП). Однако данные цифры были получены за счёт значительных объёмов переработки наследия советского военно-промышленного комплекса. Переработка РАО значительно снижает его объёмы.

Однако развитие атомной энергетики приводит к увеличению объёмов поступления РАО. В планах РосАтома ставится целью открытие не менее 1 нового энергоблока АЭС каждый год, так же ежегодно увеличивается атомный флот России.

Таблица 1 наглядно демонстрирует темпы увеличения скорости образования РАО в России

Таблица 1 – Ежегодное образование РАО в России

Вид РАО	ЖРО				ТРО			
	млн м ³		%		млн т		%	
	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.	2010 г.	2014 г.
НАО	2,82	1,17	92,69	89,91	1,38	1,18	99,22	99,91
САО	0,21	0,12	6,84	9,32	0,01	0,001	0,45	0,08
ВАО	0,01	0,01	0,47	0,77	0,01	0,0001	0,33	0,01
Итого	3,04	1,29	100	100	1,39	1,18	100	100

Кроме того, технологическое лидерство России на мировой арене в области переработки и захоронения РАО позволяет извлекать прибыль из отходов из других стран, путём взятия на себя обязательств по обслуживанию РАО поставщика. Это так же может внести вклад в увеличение объёмов РАО на территории Российской Федерации.

1.2. Предпосылки к увеличению активности РАО

Кроме увеличения объёмов РАО стоит отметить и увеличение активности РАО.

В настоящее время вводится практика увеличения длительности кампаний энергетических ядерных реакторов. Это позволяет более эффективно использовать ядерное топливо. Однако это приводит к увеличению активности ОЯТ. Сейчас длительность кампаний во многом зависит в том числе и от того, на какую высокую активность РАО рассчитаны транспортировочные контейнеры, т.к. бассейны временной выдержки на АЭС не бесконечны, это вынуждает с определённой частотой вывозить ОЯТ со станций. Отсюда следует, что увеличение радиационной защищённости контейнеров для транспортировки РАО сможет поспособствовать увеличению длительности кампаний ядерных реакторов.

Так же стоит отметить, что при переработке РАО, объём отходов уменьшаются, однако возрастает удельная активность. Изучение новых радиационно-защитных материалов так же полезно будет и в области переработки радиоактивных и ядерных отходов.

1.3 Тетраборид вольфрама

Тетраборид вольфрама — твёрдое кристаллическое вещество серого цвета. Обладает хорошими характеристиками как вещество, используемое для защиты от радиации.

Наличие в составе бора позволяет использовать тетраборид вольфрама для защиты от нейтронов. Бор является очень сильным поглотителем тепловых нейтронов. Так же маленькая атомная масса бора помогает ему значительно замедлять нейтроны.

Вольфрам — тяжёлый металл, с зарядом ядра +74. Высокий заряд ядра позволяет вольфраму значительно снижать энергию заряженных радиоактивных частиц, в частности альфа- и бета-частиц. Так же высокий заряд ядра обеспечивает большое количество электронов на поверхности атомов вольфрама. Большое количество электронов помогает хорошо рассеивать гамма-излучение.

Таким образом, тетраборид вольфрама отлично рассеивает все виды радиации. Так же стоит отметить, что у тетраборида вольфрама весьма высокая плотность: $15,73 \text{ г/см}^3$. Плотность вещества прямопропорциональна макроскопическому сечению поглощения нейтронов.

Температура плавления тетраборида вольфрама превышает $2800 \text{ }^\circ\text{C}$, а значит он имеет высокую стойкость к перегреванию.

Стоит отметить, что тетраборид вольфрама в порошковой форме используется в технологии самоподдерживающегося высокотемпературного синтеза. Это упрощает создание из него различных небольших деталей для контейнеров.

Именно тетраборид вольфрама использован в качестве современного борсодержащего материала для модернизации контейнера.

Подробнее механические свойства и методы получения тетраборида вольфрама описаны в приложении А.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок и технологий, отвечающих предъявляемым требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В данной диссертационной работе проведены исследования радиационно-защитных свойств борида вольфрама, сравнение с другими защитными материалами, а также смоделирован модифицированный контейнер для САО с улучшенными характеристиками, расчёты произведены инженерными и программными методами.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является обоснование перспективности использования борида вольфрама в качестве защитного материала в контейнерах для хранения и транспортировки РАО.

Целевым рынком данного исследования будут являться государственные корпорации по атомной энергетике, смежные отрасли научной

промышленности, а также частные предприятия, специализирующиеся на оказании услуг в области хранения РАО.

Сегментировать рынок услуг по разработке новых радиационно-защитных материалов можно по степени потребности использования данной технологии. Результаты сегментирования представлены в рисунке 4.1.

		Создание новых радиационно-защитных материалов		
		Атомная промышленность	Специализированные частные предприятия	Научная отрасль
Потребность	Сильная			
	Слабая			

Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке новых радиационно-защитных материалов

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Как уже упоминалось выше, в данной работе изучены радиационно-защитные свойства борида вольфрама и смоделирован пример его применения. Таким образом, для анализа конкурентных технических решений требуется сравнить защитные характеристики различных материалов, которые используются в области обслуживания РАО. Для сравнения будут представлены сталь и свинец – защитные материалы, которые так же изучались в ходе моделирования модифицированного контейнера

Оценочная карта анализа представлена в таблице 4.1.1. Позиция каждого материала оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность материала;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных защитных материалов

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{WB}	Б _{CT}	Б _{Pb}	К _{WB}	К _{CT}	К _{Pb}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки эффективности							
1. Защита от гамма-излучения	0,15	5	2	4	1	0,4	0,8
2. Защита от нейтронного излучения	0,15	5	3	1	1	0,6	0,2
3. Удобство в обработке	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
4. Стойкость к механическому воздействию	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Стойкость к термическому воздействию	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
6. Развитость технологии получения	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость материала	0,15	3	5	4	0,45	0,75	0,75
2. Уровень доступности материала на рынке	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
Итого	1				4,1	3,75	3,65

На основании представленного выше анализа можно сделать вывод, что исследуемый материал, борид вольфрама, является конкурентоспособным и перспективным. Исследуемый материал сочетает в себе как высокие радиационно-защитные характеристики, так и высокие механические защитные характеристики. Доступность и цена – основной недостаток материала. Однако и по этим пунктам исследуемый материал сможет выигрывать конкурентов некоторых, если учитывать, что необходимая толщина защитного слоя борид вольфрама всегда будет ниже, чем у конкурентных материалов, а значит и потребуется его меньше. Целесообразность использования любого из

вышеперечисленных материалов сильно зависит от радиационных свойств РАО, которое требуется хранить.

4.1.2 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.

Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем.

В таблице 4.1.2 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 4.1.2 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта			
	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	+
B2	+	+	+	+
B3	+	+	–	+
B4	+	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение.

В результате была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>C1. Актуальность выбранной темы.</p> <p>C2. Применение современных методов расчёта и программного кода.</p> <p>C3. Бюджетное финансирование.</p> <p>C4. Высокие защитные характеристики исследуемого материала.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие экспериментальных проверок данных.</p> <p>Сл2. Относительно высокая стоимость исследуемого материала.</p> <p>Сл3. Недостаточный опыт эксплуатации.</p> <p>Сл4. Невысокая распространённость материала.</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 4.1.3 – SWOT-анализ

<p>Возможности: В1. Использование для исследований инфраструктуры НИ ТПУ. В2. Возможность создания новых условий для проведения эксперимента. В3. Возможность привлечения финансирования частных предприятий. В4. Возможность привлечения финансирования государственных предприятий.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Полное обеспечение условий проведения экспериментов. 2. Появление дополнительного спроса и финансирования, обеспеченных актуальностью тематики.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. Стоимость материала не сильно влияет на исследования. 2. Проблема отсутствия подтверждения расчётных данных экспериментом решается финансированием.. 3. Высокая стоимость материала не будет играть большой роли при успешных результатах исследований.</p>
<p>Угрозы: У1. Появление более перспективного материала. У2. Вероятность проведения подобных исследований другими организациями. У3. Задержка финансирования. У4. Низкий спрос на результаты исследования или его отсутствие.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Спрос и финансирование в первую очередь зависят от работы исследователей в данных направлениях. Подобные исследования сторонними организациями можно считать ускоряющим фактором.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. Создание материала с ещё более перспективными характеристиками – главная угроза проекту.</p>

Таким образом, выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод, что на данный момент преимущества разработки измерений значительно преобладают над её недостатками. Все имеющиеся несовершенства можно легко устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1 Иерархическая структура работ проекта

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



Рисунок 4.2.1 – Иерархическая структура работ

4.2.2 Контрольные события проекта

Ключевые события исследовательского проекта, их даты и результаты приведены в таблице 4.2.2.

Таблица 4.2.2 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания на НИР	1.02.2016	Приказ по ФТИ
2	Составление и утверждение технического задания	3.02.2016	Задание на выполнение исследования
3	Выбор направления исследований	5.02.2016	

Продолжение таблицы 4.2.2 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
4	Подбор и изучение материалов по теме	10.02.2016	Отчёт
5	Календарное планирование работ	12.02.2016	План работ
6	Изучение инженерных методов расчёта	13.02.2016	Отчёт
7	Изучение программного кода SCALE	14.02.2016	Отчёт
8	Моделирование контейнера	15.02.2016- 30.03.2016	Отчёт
9	Выполнение расчётов и анализ полученных данных	28.03.2016	Отчёт
10	Обобщение и оценка результатов	30.03.2016	Отчёт
11	Составление пояснительной записки	14.02.2016- 25.04.2016	Пояснительная записка
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	26.04.2016	
13	Подготовка к защите	27.04.2016- 25.05.2016	

4.2.3 План проекта

В рамках планирования исследовательского проекта построен календарный план-график с помощью диаграммы Ганта. В данном случае работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Линейный график представлен в таблице 4.2.3.

Таблица 4.2.3 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания	2	1.02.2016	3.02.2016	Руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	3.02.2016	5.02.2016	Руководитель

Продолжение таблицы 4.2.3 – Календарный план проекта

3	Выбор направления исследований	5	5.02.2016	10.02.2016	Руководитель, студент
4	Подбор и изучение материалов по теме	2	10.02.2016	12.02.2016	Студент
5	Календарное планирование работ	1	12.02.2016	13.02.2016	Руководитель, студент
6	Изучение инженерных методов расчёта	4	13.02.2016	14.02.2016	Студент
7	Изучение программного кода SCALE	8	14.02.2016	14.02.2016	Студент
8	Моделирование контейнера	35	15.02.2016	30.03.2016	Студент
9	Выполнение расчётов и анализ полученных данных	2	28.03.2016	30.03.2016	Студент
10	Обобщение и оценка результатов	1	30.03.2016	30.03.2016	Руководитель, студент
11	Составление пояснительной записки	72	14.02.2016	25.04.2016	Студент
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	26.04.2016	27.04.2016	Руководитель, студент
13	Подготовка к защите	29	27.04.2016	25.05.2016	Студент

В таблице 4.2.4 представлен календарный план-график проведения научного исследования.

Таблица 4.2.4 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.дн	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Разработка технического задания	Руководитель	2	■													
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	■													
3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	5	■	■												
4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	2		■												
5	Календарное планирование работ	Руководитель, студент	1	■	■												
6	Изучение инженерных методов расчёта	Студент	6		■												
7	Изучение программного кода SCALE	Студент	6		■												
8	Моделирование контейнера	Студент	35		■	■	■	■	■								
9	Выполнение расчётов и анализ полученных данных	Студент	2						■								
10	Обобщение и оценка результатов	Руководитель, студент	1						■								
11	Составление пояснительной записки	Студент	72		■	■	■	■	■	■	■						
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, студент	1									■					
13	Подготовка к защите	Студент	29										■	■	■		

4.3 Бюджет научного исследования

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

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.3.1 Расчёт материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (4.2)$$

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на электроэнергию и приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 2.3.1.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}} = 2,05 \cdot 0,5 \cdot 960 = 984, \quad (4.3)$$

где $C_{\text{эл}}$ – тариф на промышленную электроэнергию (2,05 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

$F_{\text{об}}$ – время использования оборудования, ч.

Затраты на электроэнергию составили 984 рубля.

Таблица 4.3.1 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электричество	–	480 кВт·ч	2,05	984
Бумага	SvetoCopy	110	0,38	41,8
Печать на листе А4	–	110	1,5	165
Ручка	Pilot BPS-GP	1	50	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	350	1400
Всего за материалы				2640,8
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого по статье C_m				2640,8

4.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится германиевый детектор, стоимость которого составляет 900000 рублей, назначенный срок службы – 5 лет.

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = C_{\text{об}} / T, \quad (4.4)$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования (руб);

T – срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}} = (900000 / 1825) = 493,15 \text{ руб/дн.}$$

Оборудование использовалось в течение 45 дней, таким образом, затраты на оборудование:

$$C_{\text{аморт(общ)}} = 493,15 \cdot 45 = 22191,75 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.5)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.6)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$Z_{\text{дн}} = (Z_{\text{м}} \cdot M) / F_{\text{д}}, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.3.3).

Таблица 4.3.3 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни;	52	104
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
– отпуск;	48	24
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Студент во время прохождения преддипломной практики получает стипендию, равную 5070 руб/месяц. Среднедневная стипендия (оплата) составляет:

$$З_{\text{дн}} = (5070 \cdot 11,2) / 223 = 254,6 \text{ руб/день.}$$

Основной заработок студента за время преддипломной практики составляет:

$$З_{\text{осн}} = 254,6 \cdot 45 = 11457 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.
- иные выплаты: районный коэффициент.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник с должностью старшего преподавателя. Оклад старшего преподавателя составляет 16752 рубля.

Надбавки к заработной плате составляют 10000 рублей (надбавки учёного совета), также районный коэффициент по Томску равен 1,3.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = 16752 \cdot 1,3 + 10000 = 31777,6 \text{ руб / месяц.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = (31777,6 \cdot 10,4) / 251 = 1316,68 \text{ руб / день.}$$

4.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.8)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Примем коэффициент дополнительной заработной платы равным 0,15 для научного руководителя и 0,1 для студента. Результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы исполнителей научного исследования представлены в таблице 4.3.4.

Таблица 4.3.4 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата, руб.	Руководитель	Студент
Основная зарплата	31777,6	11457
Дополнительная зарплата	4766,64	1145,7
Зарплата исполнителя	36544,24	12602,7
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	49146,94	

4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер отчислений во внебюджетные фонды составляет 27,1 % от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.9)$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (31777,6 + 4766,64) = 9903,48 \text{ руб.}$$

4.3.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.10)$$

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

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы. Примем $k_{\text{накл}} = 30 \%$.

Накладные расходы составляют:

$$C_{\text{накл}} = 0,3 \cdot (31777,6 + 4766,64) = 10963,3 \text{ руб.}$$

4.3.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 2.3.7.

Таблица 2.3.7 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты исследования	2640,8
2. Затраты на специальное оборудование	22191,8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	43234,6
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	49146,9
5. Отчисления во внебюджетные фонды	9903,5
6. Накладные расходы	10963,3
Бюджет затрат исследования	138080,9

4.4 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представляет собой временное структурное образование, создаваемое для достижения поставленных целей и задач проекта и включающее в себя всех участников процесса выполнения работ на каждом этапе.

Данной исследовательской работе соответствует функциональная структура организации. То есть организация рабочего процесса выстроена иерархически: у каждого участника проекта есть непосредственный руководитель, сотрудники разделены по областям специализации, каждой группой руководит компетентный специалист (функциональный руководитель). Организационная структура научного проекта представлена на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Организационная структура научного проекта

4.5 Матрица ответственности

Степень ответственности каждого члена команды за принятые полномочия регламентируется матрицей ответственности. Матрица ответственности данного проекта представлена в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Научный руководитель	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Соцответственность»	Консультант по языковому разделу	Студент
Разработка технического задания	О				
Составление и утверждение технического задания	О				
Выбор направления исследований	О				И
Подбор и изучение материалов по теме	С				И
Календарное планирование работ	О				И

Продолжение таблицы 2.5 – Матрица ответственности

Изучение особенностей и ограничений программного кода MGAU					И
Освоение программного кода MGAU на практике.					И
Проведение экспериментов	О				И
Выполнение расчётов и анализ полученных данных	О				И
Выполнение оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения		С			И
Выполнение раздела по социальной ответственности			С		И
Выполнение перевода части работы на английский язык				С	И
Обобщение и оценка результатов	С				И
Составление пояснительной записки	С				И
Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	С				И
Подготовка к защите	О				И

Степень участия в проекте характеризуется следующим образом:

- ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход;
- исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение);
- согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

4.6 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 получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 2.6). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4.11)$$

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

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

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{138080,9}{138080,9} = 1; \quad (4.12)$$

Для аналогов соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{145500,2}{138080,9} = 1,05; \quad I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{161260,3}{138080,9} = 1,16; \quad (4.13)$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

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.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен ниже.

Таблица 4.6 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,25	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	3	3
3. Помехоустойчивость	0,05	5	3	2
4. Энергосбережение	0,2	5	2	2
5. Надёжность	0,15	5	4	3
6. Материалоёмкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	5	3,1	2,9

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 = 5;$$

$$\text{Аналог 1} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 3,1;$$

$$\text{Аналог 2} = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 2,9.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финаi}}^{ai}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p}; \quad I_{\text{финаi}}^{ai} = \frac{I_m^{ai}}{I_{\text{финаi}}^{ai}}; \quad (4.15)$$

В результате:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{финр}^p} = \frac{5}{1} = 5; \quad I_{фина1}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{фина1}^{a1}} = \frac{3,1}{1,05} = 2,95; \quad I_{фина2}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{фина2}^{a2}} = \frac{2,9}{1,16} = 2,5.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финаi}^{ai}}. \quad (4.16)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 4.6.1.

Таблица 4.6.1 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,05	1,16	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,1	2,9	5
3	Интегральный показатель эффективности	2,95	2,5	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,69	2	1

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве выполненной разработки над аналогами.

Список публикаций

1. Беденко С. В. , Шаманин И. В. , Плевака М. Н. , Бородай А. Ю. , Колбышев Н. В. , Неясов В. В. Схемы размещения и концептуальные подходы по обращению с отработавшим топливом в системах хранения [Электронный ресурс] // Физико-технические проблемы атомной науки, энергетики и промышленности: сборник тезисов докладов VI Международной научно-практической конференции, Томск, 5-7 Июня 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 59. - Режим доступа: <http://lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C49/C49>.

2. Губайдулин И. М. , Беденко С. В. , Бородай А. Ю. , Кузнецов Е. - , Клюкин Н. М. Флуктуации нейтронного фона уран-ториевых руд и его повышение в плотноспеченной топливной керамике нового поколения // V Международная школа-конференция молодых атомщиков Сибири: сборник тезисов докладов, Томск, 22-24 Октября 2014. - Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2014 - С. 81

3. Шаманин И. В. , Беденко С. В. , Бородай А. Ю. , Соболев В. К. , Синельникова М. - . Ядерно-физические процессы в размножающих решетках и системах с торием // Молодежь ЯТЦ: наука, производство, экологическая безопасность: сборник тезисов докладов научно-практической конференции молодых специалистов и аспирантов, Железногорск, 28-30 Октября 2015. - М.: Перо, 2015 - С. 8-11

4. Кнышев В. В. , Беденко С. В. , Плевака М. Н. , Бородай А. Ю. , Соболев В. К. Модель ядерно-физических процессов в мультиплицирующих системах на тепловых нейтронах с торием-232 и ураном-238 // Современные проблемы физики и технологии: тезисы докладов IV Международной молодежной научной школы-конференции: в 2 т., Москва, 17-22 Марта 2015. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2015 - Т. 1 - С. 195-196

5. Бородай А. Ю. , Таракаенко П. В. , Кнышев В. В. , Беденко С. В. , Клюкин Н. М. , Кузнецов Е. Использование СВС технологии для улучшения

характеристик современных контейнеров для транспортировки и хранения РАО // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: материалы III Российской молодежной научной школы-конференции, Томск, 21-23 Октября 2015. - Томск: Скан, 2015 - С. 173-177

6. А.Ю. Бородай, А. А. Гришин, С.С. Гуралев Оценка объемов радиоактивных отходов, образующихся при выводе из эксплуатации ПУГР АВ-1 ФГУП «ПО МАЯК» // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 1-3 июня 2016 г. –Томск: НИ ТПУ, 2016 – С. 31.

7. Е.В. Кузнецов, Н.М. Ключкин, В.К. Соболев, А.Ю. Бородай, С.В. Беденко Исследование зависимости диэлектрических характеристик компаунда MECOLINE от дозы облучения // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 1-3 июня 2016 г. –Томск: НИ ТПУ, 2016 – С. 78.

8. Н.М. Ключкин, Е.В. Кузнецов, В.К. Соболев, А.Ю. Бородай, П.В. Таракаенко Оценка радиационной стойкости фторопласта по физико-механическим характеристикам // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 1-3 июня 2016 г. –Томск: НИ ТПУ, 2016 – С. 76.

9. А.Ю. Бородай, Н.М. Ключкин, Е.В. Кузнецов Анализ использования борида вольфрама в качестве защитного материала для улучшения контейнеров для транспортировки РАО// Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 1-3 июня 2016 г. –Томск: НИ ТПУ, 2016 – С. 68.

10. В.К. Соболев, С.В. Беденко, Н.М. Ключкин, Е.В. Кузнецов, А.Ю. Бородай Моделирование ядерно-физических процессов в керамическом ОЯТ // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции, г. Томск, 1-3 июня 2016 г. –Томск: НИ ТПУ, 2016 – С. 55.