

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Определение эксплуатационных параметров реактора типа БН	
УДК <u>621.039.54</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4Г	Степунин Тимофей Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФЭУ ФТИ	Нестеров В.Н.	К.Т.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		

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 радиоэкологии, 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 Ядерная физика и технологии

Кафедра Физико-энергетических установок

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ФЭУ

_____ 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	Степунин Тимофей Викторович

Тема работы:

Определение эксплуатационных параметров реактора типа БН	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	26.02.2016 г., 1618/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Литературные источники, содержащие информацию по реактору БН-800 и методам расчета быстрых реакторов.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Обзор конструкции быстрых реакторов БН-800. – Определение эксплуатационных параметров реактора БН-800 с помощью аналитических методов. – Разработка расчетной методики для нахождения распределения плотности потока нейтронов в торцевых и боковых зонах воспроизводства. – Оценка стоимости исследования, определение экономической и социальной эффективности. – Анализ факторов, влияющих на безопасность при проведении исследования.
Перечень графического материала	– ТВС с урановым топливом, ФЮРА.14.04.02.213.01.СБ

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Иностранный язык	Плеханова М.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Der schnelle Brüter / Особенности реакторов на быстрых нейтронах	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ФЭУ ФТИ	Нестеров В.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ4Г	Степунин Тимофей Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ4Г	Степунин Тимофей Викторович

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»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Иерархическая структура работ
3. Календарный план проекта
4. Организационная структура научного 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	Степунин Тимофей Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ4Г	Степунин Тимофей Викторович

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:	– 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 ПК
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– воздействие на организм человека; – приведение допустимых норм; – предлагаемые средства защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– 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
0АМ4Г	Степунин Тимофей Викторович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 112 с., 28 рис., 21 табл., 20 источников, 2 прил.

Ключевые слова: быстрый реактор, БН-800, эффективный коэффициент размножения нейтронов, плотность потока нейтронов, кампания ядерного топлива, коэффициент воспроизводства.

Объектом исследования является реактор БН-800 и его эксплуатационные параметры.

Цель работы – с помощью аналитических методов провести оценку основных эксплуатационных параметров реактора БН-800.

В процессе исследования проводились:

- Анализ эксплуатационных параметров и конструктивных особенностей реактора БН-800.
- Проведение многогруппового расчета для определения спектра плотности потока нейтронов.
- Моделирование процессов наработки и выгорания ядерного топлива в реакторе БН-800.
- Определение зависимостей эксплуатационных параметров реактора БН-800 от времени эксплуатации ЯЭУ.

В работе показано, что использование аналитических методов определения эксплуатационных параметров позволяет получить удовлетворительные результаты. Это позволяет производить поисковые научные исследования для нахождения эксплуатационных параметров реактора и их изменение в течение кампании ядерного топлива.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: в ходе выполнения работы были определены следующие величины: $k_{\text{эфф}}=1,072$, $\Phi_{\text{нач.комп}}=3,41 \cdot 10^{15}$ нейт/(см²·с), $\bar{E}=591$ кэВ, $t_{\text{комп топл}}=480$ эфф. сут., $KB=1,14$.

Область применения: проведение поисковых научных исследований для определения эксплуатационных параметров реакторов на быстрых нейтронах; подготовка бакалавров и магистров по направлению «Ядерная физика и технологии».

Экономическая эффективность работы: применение аналитических методов для определения эксплуатационных параметров позволит организовать расчет реактора, не используя для этого дорогостоящее программное обеспечение.

В будущем планируется совершенствование аналитических методов и расчетных методик с учетом перегрузки ядерного топлива.

Перечень принятых сокращений

БН – быстрый натриевый

МОКС – смешанное оксидное топливо

ТВС – тепловыделяющая сборка

ЗМО – зона малого обогащения

ЗСО – зона среднего обогащения

ЗБО – зона большого обогащения

КВ – коэффициент воспроизводства

СТТ – смешанное таблеточное топливо

СВУТ – смешанное виброуплотненное топливо

СУЗ – система управления и защиты

БЗВ – боковая зона воспроизводства

ТЗВ – торцевая зона воспроизводства.

РС – регулирующий стержень

КС – компенсирующий стержень

АЗ – аварийная защита

ПАЗ – пассивная аварийная защита

СБЗ – сборка борной защиты

ВРХ – внутриреакторное хранилище

ССЗ – сборка стальной защиты

ЯТ – ядерное топливо

ВТЗВ – верхняя торцевая зона воспроизводства

НТЗВ – нижняя торцевая зона воспроизводства

$k_{эфф}$ – эффективный коэффициент размножения нейтронов

Оглавление

Введение.....	12
1 Особенность реакторов на быстрых нейтронах.....	14
1.1 Реактор БН-800.....	17
1.1.1 Описание активной зоны реактора БН-800.....	17
1.1.2 Компоновка активной зоны реактора БН-800.....	19
1.1.3 ТВС стартовой загрузки активной зоны реактора БН-800.....	27
2 Нейтронно-физический расчет реактора БН-800.....	32
2.1 Организация итерационного процесса для проведения 26-группового расчета спектра потока нейтронов в активной зоне.....	32
2.2 Ввод поправок на резонансную самоэкранировку.....	35
2.3 Значение эффективного коэффициента размножения.....	37
2.4 Компенсация избыточной реактивности.....	37
2.5 Изменение нуклидного состава ЯТ в течении его кампании.....	39
2.6 Зона воспроизводства.....	48
2.6.1 Изменение плотности потока нейтронов в ВТЗВ и НТЗВ.....	49
2.6.2 Изменение плотности потока нейтронов в БЗВ.....	51
2.7 Коэффициент воспроизводства.....	52
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	54
3.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	55
3.1.2 SWOT-анализ.....	57
3.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	60
3.2.1 Иерархическая структура работ проекта.....	60
3.2.2 Контрольные события проекта.....	21
3.2.3 План проекта.....	21
3.2 Бюджет научного исследования.....	24
3.3.1 Расчёт материальных затрат.....	24
3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научного исследования.....	25

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	26
3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	28
3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды	28
3.3.6 Накладные расходы	29
3.3.7 Формирование бюджета затрат исследовательского проекта.....	29
3.3 Организационная структура проекта	30
3.5 Матрица ответственности	31
3.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	33
4 Социальная ответственность.....	77
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	77
4.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	79
4.2.1 Организационные мероприятия Ошибка! Залка не определена.	79
4.2.2 Технические мероприятия.....	79
4.2.3 Условия безопасной работы.....	82
4.3 Электробезопасность	84
4.4 Пожарная и взрывная безопасность	85
Заключение	88
Список публикаций студента.....	89
Список использованных источников	90
Приложение А	92
Приложение Б	94

Введение

В соответствии со стратегией развития атомной энергетики России до 2050 года представленных Минатомом РФ указывается, что необходимо «...создание технологической базы для крупномасштабной атомной энергетики на быстрых реакторах естественной безопасности без ограничений по топливным ресурсам...». Кроме этого, «...основное направление утилизации избыточного оружейного плутония, как и плутония из облучённого ядерного топлива, состоит в использовании смешанного уран-плутониевого топлива быстрых реакторов, которые составят основу будущей крупномасштабной атомной энергетики...».

Энергетические реакторы на быстрых нейтронах призваны расширить топливную базу атомной энергетики России. Применение на них замкнутого ядерно-топливного цикла позволит снизить накопление радиоактивных отходов, а высокий коэффициент воспроизводства (< 1) позволит нарабатывать плутоний, который можно использовать в энергетических реакторах.

Оценка основных эксплуатационных параметров с помощью аналитических методов позволяет получить достаточно точную картину нейтронно-физических характеристик реактора, не используя для этого специальные программы. Один из аналитических методов определения эксплуатационных параметров реактора типа БН – многогрупповой расчет спектра плотности потока нейтронов [1].

Цель магистерской диссертации: с помощью аналитических методов провести оценку основных эксплуатационных параметров реактора БН-800.

Для достижения заданной цели необходимо решить следующие задачи:

- Анализ эксплуатационных параметров и конструктивных особенностей реактора БН-800.
- Проведение многогруппового расчета для определения спектра плотности потока нейтронов.

- Моделирование процессов наработки и выгорания ядерного топлива в реакторе БН-800.

- Определение зависимостей эксплуатационных параметров реактора БН-800 от времени эксплуатации ЯЭУ.

Энергоблоки АЭС с реакторами на быстрых нейтронах позволят существенно расширить топливную базу атомной энергетики и минимизировать радиоактивные отходы за счет организации замкнутого ядерно-топливного цикла. Технологиями «быстрых» реакторов обладают очень немногие страны, и Россия является мировым лидером в этом направлении. Это связано с огромным опытом в обращении с быстрыми реакторами. Ведь в России имеются быстрые реактора различных мощностей – от маломощных исследовательских, до крупных энергетических.

Использование аналитических методов для определения эксплуатационных параметров в будущем производить поисковые научные исследования для нахождения эксплуатационных параметров реактора и их изменение в течение кампании ядерного топлива.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Главная цель раздела “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение” – определить: насколько будет успешен научно-исследовательский проект, создать механизм управления и сопровождения разработанных решений на этапе его реализации.

Чтобы решить поставленную цель, нужно:

- создать экономическую идею и сформировать концепцию проекта;
- провести организацию научных исследований по магистерской диссертации;
- проанализировать альтернативные пути реализации поставленной цели научной диссертации;
- произвести планирование всех этапов научной работы;
- определить финансовую составляющую исследования;
- оценить коммерческий потенциал научного исследования и его перспективность с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- изучить социальную и экономическую эффективность исследования.

В магистерской диссертации произведен аналитический расчет нейтронно-физических характеристик реактора БН-800, основанный на актуальных данных без использования специального дорогостоящего программного обеспечения.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом выполнения магистерской диссертации является совокупность полученных в ходе аналитического расчета нейтронно-физических характеристик, сопровождающиеся графическим материалом и анализом, а так же актуальная на 2016 год информация о реакторе БН-800.

Целевым рынком данной научно-исследовательской работы являются:

- Белоярская АЭС.
- Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова, опытное конструкторское бюро «Гидропресс».
- Международное агентство по атомной энергии.
- Высшие учебные заведения, занимающиеся подготовкой персонала для АЭС.

Сегментировать рынок услуг по востребованности в информации и методах аналитического нахождения нейтронно-физических характеристик реактора БН-800 можно по степени потребности в данной информации. Результаты сегментирования представлены в рисунке 3.1.1.

		Определение нейтронно-физических характеристик реактора БН-800			
		Белоярская АЭС	ОКБ	МАГАТЭ	ВУЗы
Потребность	Сильная				
	Средняя				
	Слабая				

Рисунок 3.1.1 – Карта сегментирования рынка услуг по исследованию нейтронно-физических характеристик реактора БН-800

3.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В магистерской диссертации с помощью аналитических методов определены нейтронно-физические характеристики реактора БН-800. Таким образом, для анализа конкурентных технических решений стоит рассмотреть другие способы определения нейтронно-физических характеристик реактора:

- Определение нейтронно-физических характеристик с помощью программы WIMS.
- Определение нейтронно-физических характеристик с помощью программы TIGRIS.

Оценочная карта анализа представлена в таблице 3.1.1. В таблице 3.1.1 оценка каждого показателя, как разрабатываемого решения, так и решения-конкурента, производится по пятибалльной шкале. 1 – слабая позиция, являющаяся уязвимой в рассматриваемом проектном решении; 5 – сильная позиция проектного решения. Вес показателей должен отражать все стороны проекта и сумме составлять 1. Анализ конкурентных решений рассчитывается, как:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (3.1.1)$$

где K – конкурентоспособность научного исследования, как своего, так и конкурента;

B_i – значение показателя в долях единицы;

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 3.1.1.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
2. Удобство в эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Энергоэкономичность	0,03	1	5	5	0,03	0,15	0,15
4. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
5. Уровень шума	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
6. Потребность в материальных ресурсах	0,01	5	2	2	0,05	0,02	0,02
7. Функциональная мощность	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5

Продолжение таблицы 3.1.1.1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
8. Простота эксплуатации	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность метода	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2. Стоимость разработки	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
4. Финансирование разработанного метода	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1				4,58	3,77	3,67

На основании представленного выше анализа можно сделать вывод, что аналитический метод нахождения нейтронно-физических характеристик является наиболее оптимальной для использования в практических целях. Конкурентные методы достаточно дорогостоящи и требуют знания технического английского языка, от чего являются сложными в обращении. Решение задачи нахождения нейтронно-физических характеристик с помощью программ не заставляет человека анализировать, а просто дает ответ. Использование аналитических методов заставляет анализировать все нейтронно-физические величины на этапе расчета, что делает практически невозможным допущение ошибки.

3.1.2 SWOT-анализ

SWOT – аббревиатура с английского языка, расшифровываемая как Strengths Weaknesses Opportunities Threats, то есть сильные стороны, слабые стороны, возможности и угрозы. В совокупности SWOT анализ – это комплексное рассмотрение научной диссертации со всех её сторон.

Сильные стороны – факторы, которые позволяют говорить о научном исследовании как о конкурентноспособном в рассматриваемой нише. Сильные стороны говорят о том, что у проекта есть краеугольные отличия и

преимущества над другими проектами данной тематики. То есть сильные стороны – уникальность проекта, которым располагает обладатель проекта. Эта уникальность может быть эффективно использована для поставленных целей с наименьшими затратами и наибольшей прибылью.

Слабые стороны – это минусы проекта, которые не дают получить максимум выгоды на конечном этапе и препятствуют выполнению поставленной задачи. Слабые стороны возникают из-за недостаточных возможностей или ресурсов, использование которых в конкурентных проектах позволяет достичь цели.

Возможности проекта – любая тенденция, которая возникнет в будущем, например: изменение спроса на рынке и проявление дополнительного интереса к исследованию. Любой фактор, который в скором времени позволит сделать проект конкурентоспособней и выгодней, является возможностью проекта. Угроза – нежелательный исход, при котором научное исследование станет неконкурентоспособным или не выгодным, а так же потеряет свою актуальность в связи с ситуацией в стране или мире.

В таблице 3.1.2.1 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 3.1.2.1 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта				
	C1	C2	C3	C4	C5
B1	+	+	+	+	+
B2	+	–	+	+	+
B3	+	+	+	–	+
B4	+	+	+	+	–
B5	+	+	+	+	+

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 3.1.2.2.

Таблица 3.1.2.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: С1. Научная новизна выбранной темы. С2. Применение аналитических методов расчета. С3. Минимальные затраты. С4. Наличие достоверных результатов измерений, сопоставленных с научными публикациями. С5. Возможность оптимизации входных параметров на всех этапах аналитического решения.	Слабые стороны проекта: Сл1. Большие затраты по времени из-за моделирования процессов вручную. Сл2. Возможность появления ошибки, связанной с невнимательностью или усталостью. Сл3. Погрешность расчетов. Сл4. Долгий поиск точных аналитических методов расчета. Сл5. Малое количество спец. литературы.
Возможности: В1. Спрос результатов для опытных конструкторских бюро В2. Анализ всех величин на каждом этапе расчета В3. Совершенствование существующих аналитических методов В4. Развитие тематики быстрых реакторов. В5. Актуальность для студентов других ВУЗов	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: 1. Проектирование реактора типа БН с любым составом активной зоны, без применения дорогостоящего программного обеспечения. 2. Анализ входных данных и совершенствование текущей информации о реакторах типа БН.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: 1. При достаточной подготовке и высокой внимательности можно избежать больших временных затрат и ошибок. 2. Анализ различных методов аналитического решения и чтение профессиональной литературы заставляет постоянно совершенствоваться.
Угрозы: У1. Допущение ошибки на начальном этапе расчета. У2. Появление новых аналитических методов, точнее текущих. У3. Низкий спрос на результат работы без публикаций в журналах. У4. Отказ государства от строительства быстрых реакторов. У5. Падение интереса к быстрым реакторам.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: 1. Совершенствование текущих аналитических методов и частая публикация полученных результатов исключают потерю интереса к быстрым реакторам, а постепенно налаживающаяся финансовая стабильность в России минимизирует отказ от строительства быстрых реакторов	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. При падении интереса к быстрым реакторам и отсутствии финансирования текущих проектов, тематика быстрых реакторов может перестать развиваться. Но исследования, которые не требуют затрат и дают достоверные результаты при применении аналитических методов, постоянно расширяют уже имеющуюся информацию о быстрых реакторах.

Таким образом, выполнив SWOT-анализ можно сделать вывод, что на данный момент преимущества аналитического метода нахождения нейтронно-физических характеристик реактора типа БН значительно преобладают над её недостатками. Все имеющиеся несовершенства можно легко устранить, воспользовавшись перечисленными выше возможностями.

3.2 Планирование управления научно-техническим проектом

3.2.1 Иерархическая структура работ проекта

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



Рисунок 3.2.1.1 – Иерархическая структура работ

3.2.2 Контрольные события проекта

Ключевые события исследовательского проекта, их даты и результаты приведены в таблице 3.2.2.1.

Таблица 3.2.2.1 – 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	
4	Подбор и изучение материалов по теме	6.02.2016	Отчёт
5	Календарное планирование работ	12.02.2016	План работ
6	Сбор информации по реактору БН-800	13.02.2016	Отчёт
7	Разработка и описание аналитических методов расчета	1.03.2016	Отчёт
8	Подготовка необходимых данных в Excel	16.03.2016	Отчёт
9	Моделирование процессов в Excel	18.03.2016- 1.04.2016	Отчёт
10	Выполнение расчетов и анализ полученных данных	1.04.2016- 11.04.2016	Отчёт
11	Составление пояснительной записки	13.02.2016- 29.04.2016	Пояснительная записка
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	3.05.2016- 5.05.2016	
13	Подготовка к защите	5.05.2016- 25.05.2016	

3.2.3 План проекта

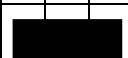
В рамках планирования исследовательского проекта построен календарный план-график с помощью диаграммы Ганта. В данном случае работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Линейный график представлен в таблице 3.2.3.1, календарный план график в таблице 3.2.3.2

Таблица 3.2.3.1 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Разработка технического задания	2	1.02.2016	2.02.2016	Руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	2	3.02.2016	4.02.2016	Руководитель
3	Выбор направления исследований	1	5.02.2016	5.02.2016	Руководитель, студент
4	Подбор и изучение материалов по теме	6	6.02.2016	11.02.2016	Студент
5	Календарное планирование работ	1	12.02.2016	12.02.2016	Руководитель, студент
6	Сбор информации по реактору БН-800	17	13.02.2016	29.02.2016	Студент
7	Разработка и описание аналитических методов расчета	15	1.03.2016	15.03.2016	Студент
8	Подготовка необходимых данных в Excel	2	16.02.2016	17.03.2016	Студент
9	Моделирование процессов в Excel	14	18.03.2016	31.03.2016	Студент
10	Выполнение расчетов и анализ полученных данных	11	1.04.2016	11.04.2016	Руководитель, студент
11	Составление пояснительной записки	76	13.02.2016	29.04.2016	Студент
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	2	3.06.2016	4.04.2016	Руководитель, студент
13	Подготовка к защите	20	5.05.2016	25.05.2016	Студент

Таблица 3.2.3.2 – 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	1														
4	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	6														
5	Календарное планирование работ	Руководитель, студент	1														
6	Сбор информации по реактору БН-800	Студент	17														
7	Разработка и описание аналитических методов расчета	Студент	15														
8	Подготовка необходимых данных в Excel	Студент	2														
9	Моделирование процессов в Excel	Студент	14														
10	Выполнение расчетов и анализ полученных данных	Руководитель, студент	11														
11	Составление пояснительной записки	Студент	76														
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, студент	2														
13	Подготовка к защите	Студент	20														



– Руководитель



– Студент

3.2 Бюджет научного исследования

На этапе планирование бюджета научного исследование должно обеспечиваться полное сопровождение всех расходов, потраченных на выполнение работы. Бюджет формируется в следующей последовательности, согласно статьям расходов:

- затраты на материальные ресурсы;
- затраты на специальное оборудование, необходимое для выполнения поставленной цели (если таковое имеется);
- заработная плата исполнителей научного исследования;
- дополнительная заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на командировки (если таковые имеются);
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

3.3.1 Расчёт материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (3.3.1.1)$$

где m – количество материальных ресурсов, которые потребляются при выполнении магистерской диссертации.

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, которые будут использованы в научном исследовании (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена единицы i -го вида потребляемых товаров (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 3.3.1.1.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

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

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

P – мощность, кВт;

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

Затраты на электроэнергию составили 984 рубля.

Таблица 3.3.1.1 – Материальные затраты

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электронергия	–	120 кВт·ч	2,05	246
Бумага	СНЕГУРОЧКА	400	0,25	100
Печать на листе А4	–	200	3	600
Ручка	Pilot	2	25	50
Доступ в интернет	–	4 месяца	550	2200
Всего за материалы				3196
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого по статье C_m				3196

3.3.2 Расчёт затрат на специальное оборудование для научного исследования

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 аналитического расчета, относится ноутбук с лицензионным программным обеспечением MS Office:

$$C_{\text{ноутбук+ПО}} = 34999 + 5199 = 40198 \text{ руб.}$$

3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данный пункт включает в себя всю заработную плату (ЗП) исполнителей исследования – руководителя и студента.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (3.3.3.1)$$

где $З_{осн}$ – основная ЗП;

$З_{доп}$ – дополнительная ЗП.

Основная ЗП ($З_{осн}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.3.3.2)$$

где $З_{осн}$ – основная ЗП одного работника;

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле

$$З_{дн} = (З_{м} \cdot M) / F_{д}, \quad (3.3.3.3)$$

Где $З_{м}$ – месячный оклад работника, занимающего должность, руб.;

M – кол-во 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;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 3.3.3.1).

Таблица 3.3.3.1 – 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 выполнения магистерской диссертации, за вычетом выходных и праздничных дней:

$$З_{\text{осн студ}} = 254,6 \cdot 92 = 23423,2 \text{ руб.}$$

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 доцента. Оклад доцента составляет 18418 рубля.

Надбавка к заработной плате за научное звание составляет 12800 рублей (надбавки учёного совета), также районный коэффициент по Томску равен 1,3.

Основная заработная плата научного руководителя:

$$З_{\text{осн}} = (18418 + 12800) \cdot 1,3 + 10000 = 40583,4 \text{ руб / месяц.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$З_{\text{дн}} = (40583,4 \cdot 10,4) / 251 = 1681,5 \text{ руб / день.}$$

Научный руководитель затратил на работу со студентом 4 дня, а именно 20 часов, а это:

$$З_{\text{осн рук}} = 1681,5 \cdot 4 = 6726 \text{ руб}$$

3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительные затраты по ЗП исполнителей научного проекта учитывают величину, предусмотренную ТК РФ за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплаты, которые связаны с обеспечением гарантий и компенсаций.

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

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн},$$

где $Z_{дон}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{осн}$ – 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 3.3.4.1.

Таблица 3.3.4.1 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата, руб.	Руководитель	Студент
Основная зарплата	6726	23423,2
Дополнительная зарплата	1009	2342,32
Зарплата исполнителя	7735	25765,5
Итого по статье $C_{зн}$	33500,5	

3.3.5 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:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (3.3.5.1)$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{внеб} = 0,271 \cdot 7735 = 2096 \text{ руб.}$$

3.3.6 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:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (3.3.3.6)$$

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

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

Накладные расходы составляют:

$$C_{накл} = 0,3 \cdot 7735 = 2320,5 \text{ руб.}$$

3.3.7 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 3.3.7.1 – Расчёт бюджета затрат исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб
1. Материальные затраты исследования	3196
2. Затраты на специальное оборудование	40198
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	30149
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3351
5. Отчисления во внебюджетные фонды	2096
6. Накладные расходы	2320,5
Бюджет затрат исследования	81310,5

3.3 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 3.4.1.

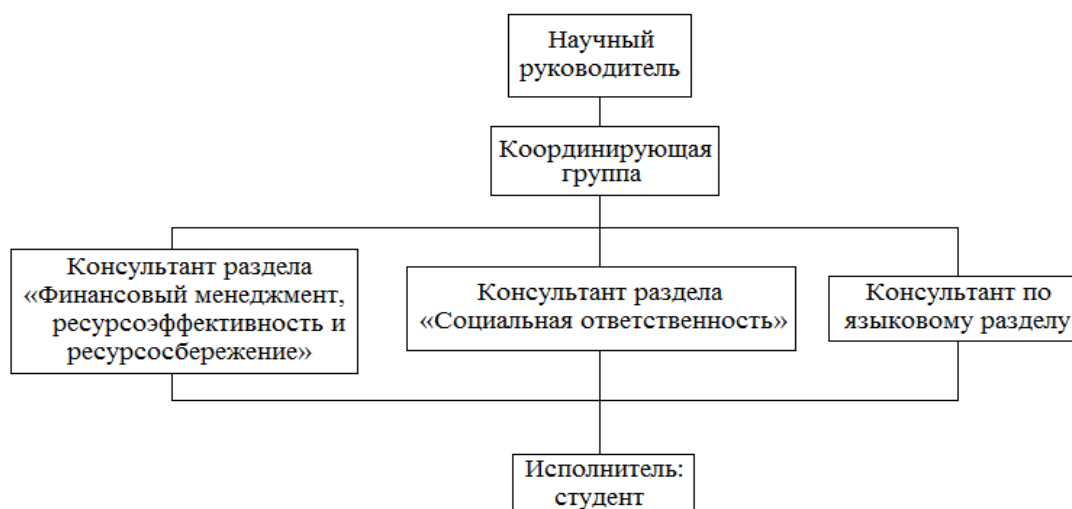


Рисунок 3.4.1 – Организационная структура научного проекта

3.5 Матрица ответственности

Степень ответственности каждого члена команды за принятые полномочия регламентируется матрицей ответственности. Матрица ответственности данного проекта представлена в таблице 2.5.

Таблица 3.5.1 – Матрица ответственности

Этапы проекта	Научный руководитель	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Социальная ответственность»	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
Сбор информации по реактору БН-800					И

Продолжение таблицы 3.5.1

Этапы проекта	Научный руководитель	Консультант раздела «Финансовый менеджмент»	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Консультант по языковому разделу	Студент
Разработка и описание аналитических методов расчета					И
Подготовка необходимых данных в Excel					И
Моделирование процессов в Excel					И
Выполнение расчётов и анализ полученных данных					И
Выполнение оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения		С			И
Выполнение раздела по социальной ответственности			С		И
Выполнение перевода части работы на немецкий 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.

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

Эффективность научного исследования определяется на основе нахождения интегрального показателя эффективности научного исследования. Это нахождение связано с определением следующих величин: ресурсоэффективности и финансовой эффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности – величина, получаемая в ходе оценки затрата бюджета трех (иногда более) вариантов исполнения текущего научного исследования (см. табл. 3.6.1). В этом случае наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (3.6.1)$$

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

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 размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{финр}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{81310,5}{81310,5} = 1;$$

Для аналогов (расчетов, выполненных с теми же затратами, но с помощью ПО, стоимость которого для первого случая 10000 руб, для второго 15000 руб) соответственно:

$$I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{91310,5}{81310,5} = 1,12; \quad I_{фина1}^{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{96310,5}{81310,5} = 1,18;$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

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 3.6.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

$$I_{\text{тп}} = 5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 5;$$

$$\text{Аналог 1} = 2 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 3,3;$$

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

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:

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

В результате:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{финр}}^p} = \frac{5}{1} = 5; \quad I_{\text{фина1}}^{a1} = \frac{I_m^{a1}}{I_{\text{фина1}}^{a1}} = \frac{3,3}{1,12} = 2,94; \quad I_{\text{фина2}}^{a2} = \frac{I_m^{a2}}{I_{\text{фина2}}^{a2}} = \frac{3,1}{1,18} = 2,62.$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финаi}}^{ai}}$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 3.6.1.2.

Таблица 3.6.2 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,12	1,18	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,3	3,1	5
3	Интегральный показатель эффективности	2,94	2,62	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,7	1,91	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 [16].

Список публикаций студента

1. Степунин Т.В. Определение эксплуатационных параметров реактора типа БН-800 // VIII Международная научно-практическая конференция «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине», 1-3 июня 2016 г. Сборник тезисов. – Томск: НИ ТПУ, 2016. – С. 1