

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
Кафедра Физико-энергетические установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ТИПА УТР

УДК 621.039.536

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Акаев Джахар Хусейнович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ	Д. С. Исаченко	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.А. Сечина	к.х.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры прикладной физики	Т. С. Гоголева	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
Р9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
Р10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Институт Физико-технический
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Кафедра Физико-энергетические установки

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ФЭУ

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

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А2В	Акаев Джахар Хусейнович

Тема работы:

Нейтронно-физический расчет реактора типа УГР мощностью 240 МВт	
Утверждена приказом директора (директора) (дата, номер)	18.02.2016 №1333/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Тепловая мощность 280 [МВт] - Ядерное горючее диоксид урана - Обогащение урана 18,7% - Температура на входе 345 [°C] - Температура на выходе 495 [°C] - ТВЭЛы стержневые с наружным охлаждением - Материалы оболочек ТВЭЛов и кассет нержавеющая сталь
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Нейтронно-физический расчет «холодного» реактора - Нейтронно-физический расчет «горячего» реактора - Многогрупповой расчет - Теплогидравлический расчет
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Презентация - Чертеж ячейки

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	А.А. Сечина
Социальная ответственность	Т.С. Гоголева
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.05.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ	Д. С. Исаченко	к.ф.-м.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Акаев Джахар Хусейнович		16.05.2016

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

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Акаеву Джахару Хусейновичу

Институт	ФТ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 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	1. Стоимость расходных материалов 2. Стоимость расхода электроэнергии 3. Норматив заработной платы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	1. Тариф на электроэнергию 2. Коэффициенты для расчета заработной платы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Отчисления во внебюджетные фонды (27,1%) 2. Расчет дополнительной заработной платы (12%)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования; 2. Анализ конкурентных технических решений; 3. SWOT – анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Структура работ в рамках научного исследования; 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования;

	<i>3.Бюджет научно - технического исследования (нти).</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>1.Определение интегрального финансового показателя разработки; 2.Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; 3.Определение интегрального показателя эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1. Оценка конкурентоспособности технических решений*
- 2. Матрица SWOT*
- 3. Альтернативы проведения НИ*
- 4. График проведения и бюджет НИ*
- 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН ИСГТ	А.А.Сечина	к.х.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Акаев Джахар Хусейнович		16.05.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Акаеву Джахару Хусейновичу

Институт	ФТ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Ядерные реакторы и энергетические установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – вредные факторы производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей макроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение от ПЭВМ; – опасные факторы производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность; – пожарная безопасность; – требование охраны труда при работе с ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты.
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</i>	<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	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		16.05.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Акаев Джахар Хусейнович		16.05.2016

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки (специальность) 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Кафедра Физико-энергетические установки

Период выполнения (весенний семестр 2014/2015 учебного года) _____

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.05.2015	<i>Выдача задания</i>	
19.05.2015	<i>Выбор конструктивной схемы</i>	
26.05.2015	<i>Расчет критических параметров проектируемого реактора</i>	
02.06.2015	<i>Расчет характеристик «горячего реактора», многогрупповой нейтронно-физический расчет</i>	
09.06.2015	<i>Расчет эффектов реактивности</i>	
16.06.2015	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ	Д. С. Исаченко	к.ф.-м.н.		16.05.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	О.Ю. Долматов	к.ф.-м.н., доцент		16.05.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 100 страниц, 15 таблиц, 5 приложения, 12 источников, 15 рисунков, 1 чертеж, спецификацию, презентацию доклада.

Ключевые слова: Уран-графитовый ядерный реактор, жидкометаллический теплоноситель, нейтронно-физический расчет, коэффициент размножения нейтронов, теплогидравлический расчет.

Цель работы: выполнить оценочный нейтронно-физический расчет реактора, состоящий в физическом обосновании конструкции и определении совокупности физических параметров, удовлетворяющего поставленным требованиям, а также произвести теплогидравлический расчет.

В процессе исследования проводились расчеты нейтронно-физических характеристик реактора, на основании которых были получены таблицы и построены графики, а так же начерчен чертеж; произведен расчет финансовой составляющей работы, описаны внешние факторы, влиявшие на выполнение работы. В результате исследования произведён нейтронно-физический расчет данного реактора, в частности оценены размеры активной зоны, рассчитаны коэффициенты размножения «холодного» и «горячего» реакторов, произведен теплогидравлический расчет реактора..

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реактор типа УГР, тепловая мощность – 280 МВт, ядерное горючее – UO_2 , обогащение 18,7%, теплоноситель – $Pb-Bi$, твэлы – стержневые с наружным охлаждением, материал оболочек твэлов и кассет – нержавеющая сталь.

Область применения: ядерная энергетика.

Перечень принятых сокращений

УГР – уран-графитовый ядерный реактор;

ЯЭУ – ядерная энергетическая установка;

АЗ – активная зона;

ЖМ – жидкий металл;

ТН – теплоноситель;

ТКР – тепловой коэффициент реактивности;

ТЭР – тепловой эффект реактивности;

ТТ – топливная таблетка;

НТИ – научно-техническое исследование.

Оглавление

Введение.....	16
1 Уран-графитовый ядерный реактор с жидкометаллическим теплоносителем	17
1.1 Общие сведения об уран-графитовом реакторе с жидкометаллическим теплоносителем	17
1.2 Конструкционные особенности уран-графитовых реакторов с жидкометаллическим теплоносителем	18
2 Нейтронно-физический расчет ядерного реактора.....	19
2.1 Нейтронно-физические параметры критического стационарного реактора.....	19
2.1.1 Предварительный тепловой расчет	19
2.1.2 Предварительный расчет.....	19
2.2 Физический расчет реактора	21
2.2.1 Расчет ядерных концентрация	21
2.2.2 Расчет микросечений и макросечений для «холодного» реактора	23
2.3 Оптимизация параметров ячейки и расчет эффективного коэффициента размножения	25
2.3.1 Расчет коэффициента размножения для бесконечной среды.....	25
2.3.2 Расчет эффективного коэффициента размножения.....	26
2.3.3 Оптимизация параметров ячейки	28
2.4 Расчет «горячего» реактора.....	29
2.4.1 Зависимость сечений взаимодействий от температуры.....	29
2.4.2 Расчет коэффициента размножения в бесконечной среде для «горячего реактора».....	31
2.4.3 Расчет эффективного коэффициента размножения для «горячего» реактора.....	31
2.5 Многогрупповой расчет, плотность и ценности нейтронов в активной зоне.....	33
2.5.1 Пересчет концентраций.....	34
2.5.2 Многогрупповой расчет	35
3 Теплогидравлический расчет ядерного реактора с жидкометаллическим теплоносителем	41
3.1 Расчет объемных и линейных плотностей тепловыделения и поверхностных тепловых потоков по длине технологического канала	42

3.1.1	Расчет максимального значения объемного, линейного, поверхностного энерговыделения	42
3.1.2	Расчет значений объемной плотности тепловыделения по высоте технологического канала и определение наиболее напряженного участка	44
3.1.3	Изменение температуры и скорости движения теплоносителя при прохождении через технологический канал	45
3.1.4	Расчет локальных коэффициентов теплоотдачи с поверхности ТВЭЛ	47
3.1.5	Расчет распределения температуры в ТВЭЛ.....	48
3.1.6	Распределение температуры в топливной таблетке (ТТ)	49
4	Социальная ответственность	50
4.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов	50
4.2	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	52
4.2.1	Организационные мероприятия.....	52
4.2.2	Технические мероприятия.....	52
4.2.3	Условия безопасной работы.....	55
4.2.4	Электробезопасность	57
4.2.5	Пожарная и взрывная безопасность	58
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	61
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	61
5.1.1	Анализ конкурентных технических решений	62
5.2	SWOT-анализ	64
5.3	Планирование научно-исследовательских работ	67
5.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	67
5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	68
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	69
5.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	72
5.3.5	Расчет материальных затрат НТИ	73
5.3.6	Основная заработная плата исполнителей темы	74
5.3.7	Дополнительная заработная плата	76
5.4	Отчисления во внебюджетные фонды	76
5.5	Расчет затрат на научные и производственные командировки	77
5.6	Контрагентные расходы.....	77

5.7 Накладные расходы.....	78
5.8 Формирование бюджета затрат НИП.....	78
5.9 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	79
Заключение	82
Список использованных источников	83
Приложение А	85
Приложение Б.....	87
Приложение В.....	90
Приложение Г	91
Приложение Д.....	96
Приложение Е.....	99

Введение

Ядерный реактор является сложным инженерным сооружением, поэтому перед реализацией проекта необходимо провести множество расчетов необходимых для устойчивой работы.

Нейтронно-физический расчет позволяет определить один из основных параметров ядерного реактора – эффективный коэффициент размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения нейтронов характеризует протекание цепной реакции деления.

Так же для устойчивой работы ядерного реактора необходимо провести теплогидравлический расчет, который позволяет оценить наиболее энергонапряженные участки активной зоны ядерного реактора, распределение температуры в твэл и топливной таблетки.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Очевидно что, на данный момент остро встаёт вопрос о необходимости планирования и организации научно-исследовательских работ. Заметим что, важно не только разработать ту или иную научную тему, но и провести ее анализ с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, иными словами, необходимо определить затраты на проведение научно-исследовательской работы, продолжительность работ, таким образом определив экономическую эффективность и конкурентоспособность разрабатываемой в настоящей научно-исследовательской работе ядерной энергетической установки (ЯЭУ).

В ходе выполнения данной работы были определены различные нейтронно-физические параметры ЯЭУ, которая предназначена для производства электроэнергии. Разработка ЯЭУ в силу своей специфики будет иметь своим целевым рынком госкорпорации по атомной энергетике. Примером могут служить такие госкорпорации как Росэнергоатом (Россия), Минэнерго (Беларусь), Энергоатом (Украина) и т.п.

Рынок услуг по разработке ЯЭУ можно сегментировать по множеству критериев, основными из которых являются уровень развития атомной энергетики страны и электрическая мощность установки.

		Электрическая мощность установки		
		До 440 МВт	От 440 МВт до 1000 МВт	От 1000 МВт до 1800 МВт
Уровень развития атомной энергетики	Высокий			
	Средний			
	Низкий			

Рисунок 5.1 – Карта сегментирования рынка услуг по ЯЭУ

Необходимость для стран с низким развитием атомной энергетики ядерных установок с малыми и средними мощностями, говорит о том, что в

стране энергетика в целом может быть как на низком, так и на достаточно высоком уровне. Развитие атомной энергетики могло идти как параллельно развитию традиционной энергетики страны, так и опираясь на огромную базу развития. Аналогична ситуация для стран со средним уровнем развития атомной энергетики.

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе выполнения данной работы был рассмотрен уран-графитовый канальный реактор на тепловых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем, конкурентами которого в принципе будут являться любые ЯЭУ, эксплуатирующиеся с теми же целями что и разрабатываемая, но основными из них, в том числе имеющие близкие технические решения, принимаемые для достижения поставленной цели, будут: водо-водяной корпусный энергетический реактор с водяным теплоносителем (ВВЭР) отечественной разработки, уран-графитовый канальный реактор с водяным теплоносителем (РБМК) отечественной разработки.

Наиболее подходящими для сравнения являются ЯЭУ отечественных разработок, т.к. Россия является одной из лидирующих стран по уровню развития атомной энергетики и именно отечественные разработки востребованы на российском рынке атомной энергии. Основными конкурентами для сравнения являются корпусный водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР) и канальный уран-графитовый реактор с водяным теплоносителем (РБМК). Оценочная карта анализа представлена в таблице 7. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot b_i, \quad (51)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Стоимость топлива в зависимости от обогащения по изотопу U^{233} .	0,04	4	4	3	0,2	0,16	0,12
2. Стоимость замедлителя	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
3. Возможность перегрузки топлива без останова реактора	0,1	5	5	3	0,5	0,5	0,3
4. Необходимость более высокого давления теплоносителя, а следовательно оборудования для его создания	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
5. Глубина выгорания и возможность её увеличения	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
7. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
9. Надежность	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
10. Уровень шума	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
11. Безопасность	0,2	4	4	5			
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,01	4	4	5	0,04	0,04	0,05
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	1	4	5	0,01	0,04	0,05
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
4. Послепродажное обслуживание	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Итого	1	51	53	55	3,3	3,29	3,42

Отметим, что цены, которые предприятия, вероятно, будут платить за поставку уранового концентрата, составляют только одну треть стоимости топлива, загруженного в ядерный реактор. Остальное – это, главным образом, стоимость обогащения.

Выше представлен анализ конкурентоспособности ЯЭУ, представленной в данной работе, среди отечественных разработок ВБЭР-300 ($B_{к1}$) и АБВ-6 ($B_{к2}$). Из анализа видно, что разрабатываемая ЯЭУ имеет довольно большое число

преимуществ. Не маловажным фактом является то, что разрабатываемая установка единственная в своем роде и представительства на рынке не имеет.

5.2 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.

Сильными сторонами разрабатываемой ЯЭУ можно назвать следующие свойства и особенности установки:

- доступность и обработанность технологии воды;
- большие удельная и объемная мощности при относительно небольших габаритах и умеренных критических загрузок реактора;
- высокая замедляющая способность воды в сочетании со слабым рассеянием нейтронов водородом при больших энергиях, позволяет обеспечить глубокое выгорание при умеренных обогащениях топлива;
- высокая степень внутренней устойчивости благодаря отрицательному плотностному коэффициенту реактивности.

Слабые стороны – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

Слабыми сторонами разрабатываемой ЯЭУ можно назвать следующие свойства и особенности:

- большое сечение поглощения нейтронов, что приводит к использованию обогащенного топлива;
- высокое давление при энергетически приемлемых температурах;

- коррозионная активность и сильное взаимодействие с металлическим топливом, что заставляет применять двуокись урана и нержавеющие конструкционные материалы;

- ограничение тепловых потоков из-за кризиса теплосъема.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

К возможностям данной ЯЭУ можно отнести:

- снижение стоимости электроэнергии;
- предоставление дополнительных рабочих мест;
- расширение производства и мощностей для обеспечения работоспособности ЯЭУ.

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.

К угрозам по отношению к ЯЭУ можно отнести:

- природные катаклизмы;
- снижение государственного финансирования развития атомной энергетики и ввода в эксплуатацию новых типов установок;
- диверсионные и террористические действия.

В таблице 5.1 представлен SWOT-анализ в виде таблицы.

Таблица 5.1 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. доступность и обработанность технологии воды.</p> <p>С2. большие удельная и объемная мощности при относительно небольших габаритах и умеренных критических нагрузок реактора.</p> <p>С3. высокая замедляющая способность воды в сочетании со слабым рассеянием нейтронов водородом при больших энергиях, позволяет обеспечить глубокое выгорание при умеренных обогащениях топлива.</p> <p>С4. высокая степень внутренней устойчивости благодаря отрицательному плотностному коэффициенту реактивности.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. большое сечение поглощения нейтронов, что приводит к использованию обогащенного топлива.</p> <p>Сл2. высокое давление при энергетически приемлемых температурах.</p> <p>Сл3. коррозионная активность и сильное взаимодействие с металлическим топливом, что заставляет применять двуокись урана и нержавеющие конструкционные материалы.</p> <p>Сл4. ограничение тепловых потоков из-за кризиса теплосъема.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1.Снижение стоимости электроэнергии.</p> <p>В2.Предоставление рабочих мест.</p> <p>В3.Расширение производства и мощностей для обеспечения работоспособности ЯЭУ</p>	<p>1. Увеличение мощности ЯЭУ приведет к еще более сильному снижению цен на электричество и потребует ввода дополнительных мощностей.</p> <p>2. Увеличение мощности приведет к увеличению персонала ЯЭУ.</p>	<p>1. Высококвалифицированный персонал повысит качество работы ЯЭУ, безопасность.</p> <p>2.Дополнительные производства для обеспечения ЯЭУ жидкометаллическим теплоносителем.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Природные катаклизмы.</p> <p>У2.Снижение государственного финансирования развития атомной энергетики и ввода в эксплуатацию новых типов установок.</p> <p>У3. Наличие угрозы несанкционированных действий в отношении ЯЭУ.</p>	<p>1. Возможность увеличения мощности влечет за собой привлечение действий террористического и диверсионного характеров.</p> <p>2. Постоянная работа реактора и возможность увеличения мощности вызывает дополнительный интерес у государства.</p>	<p>1. Отсутствие корпуса у реактора делает его уязвимым перед природными катаклизмами.</p> <p>2. Использование в качестве теплоносителя жидкого натрия, из-за высокой химической активности при взаимодействии с водой снижает интерес государства к данной ЯЭУ.</p>

Проанализировав характер НТР можно сделать вывод, о том что наиболее оптимальной стратегией выхода разработки на рынок является стратегия совместной предпринимательской деятельности. Совместная предпринимательская деятельность – это стратегия, которая основана на соединении общих усилий фирмы с коммерческими предприятиями страны-партнера для создания производственных и маркетинговых мощностей. Данная стратегия выбрана ввиду того, что предприятие, заинтересованное в ЯЭУ на российском рынке, одно (Росэнергоатом). В свою очередь, данное предприятие требует тесного взаимодействия с другими производственными компаниями.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Представленная дипломная работа носит научно-исследовательский характер. Экономическая часть настоящей работы включает в себя рассмотрение комплекса предполагаемых работ, планирование которых осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований была сформирована рабочая группа, в состав которой входит научный руководитель и дипломник.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный	1	Составление и утверждение научного задания	Бакалавр Руководитель
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
Исследование и анализ предметной области	3	Анализ исходных данных	Бакалавр
	4	Выбор метода выполнения работы	Бакалавр Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Применение выбранного метода к данным	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ результатов работы	Бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения НИР	Бакалавр Руководитель
	9	Составление пояснительной записке к ВКР.	Бакалавр
	10	Оформление пояснительной записки к ВКР по ГОСТу.	Бакалавр

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (52)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} \quad (53)$$

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

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

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

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (54)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (55)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45,$$

Таблица 5.3 – Временные показатели осуществления комплекса работ

№ работ	Продолжительность работ			Исполнители	t_{pi} , человеко-дни	t_{ki} , человеко-дни
	$t_{\min i}$, человеко-дни	$t_{\max i}$, человеко-дни	$t_{\text{ож}i}$, человеко-дни			
1	1	3	2	Б, Р	1	1
2	14	18	16	Б	16	23
3	7	12	9	Б	9	13
4	3	6	4	Б, Р	2	3
5	2	5	3	Б	3	4
6	10	16	12	Б	12	17
7	5	7	6	Б	6	9
8	3	5	4	Б, Р	2	3
9	5	11	7	Б	7	10
10	4	7	5	Б	5	7

Календарный план-график выполнения работ представим в виде таблицы.

Таблица 5.4 – Календарный план-график выполнения работ

Календарный план-график выполнения работ по теме													
№ работы	Наименование работы	Исполнители	t_{ki} , дни	Продолжительность выполнения работ, дни									
				Март			Апрель			Май			
				1	23	13	3	4	17	9	3	10	7
1	Составление и утверждение ТЗ	Б Р	1										
2	Подбор и изучение материалов по теме	Б	23										
3	Анализ исходных данных	Б	13										
4	Выбор метода выполнения работы	Б Р	3										
5	Календарное планирование работ по теме	Б	4										
6	Применение выбранного метода к данным	Б	17										
7	Анализ результатов работы	Б	9										
8	Определение целесообразности	Б	3										

5.3.5 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} \quad (56)$$

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

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

Π_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.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 5.4.

Отсутствие в таблице разделения на источники финансирования говорит о том, что источник один. Источник финансов в данной работе – студент.

Основные работы для ВКР проводились за персональным компьютером (ноутбуком) в комнате жилого дома. Время, проведенное работой у компьютера, прием равным 900 часам. Мощность ноутбука: 0,9 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле (57):

$$C = \Pi_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 2,7 \cdot 0,9 \cdot 900,0 = 2187 \quad (57)$$

где $\Pi_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (2,7 руб. за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

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

Затраты на электроэнергию составили 2187 рублей.

Таблица 5.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
1. Бумага	шт.	250	0,4	100
2. Печать на листе А4	шт.	200	1,5	300
3. Карандаш	шт.	1	8	8
4. Ластик	шт.	1	12	12
5. Доступ в интернет	месяц	4	510	2040
6. Учебная литература	шт.	1	340	340
7 Электроэнергия	кВт·ч	810	2,70	2187
Итого				4987

5.3.6 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (58)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (59)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{F_d}, \quad (60)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_d – количество рабочих дней в месяце.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p, \quad (61)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{\text{тс}}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 г.Томск.

Пример расчета заработной платы для руководителя:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) k_p = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366,48 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{F_d} = \frac{45366,48}{21} = 2160,31 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 2160,31 \cdot 7 = 15122,16 \text{ руб.}$$

Таблица 5.5 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	k_p	Z_m , руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , дни	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	23264,86	1,3	45366,48	2160,31	15	32404,65
Бакалавр	3300	0	3300	157	53	8321
ИТОГО						40725,65

5.3.7 Дополнительная заработная плата

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 (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (62)$$

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

Таблица 5.6 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	Основная ЗП,руб	Дополнительная ЗП,руб
Руководитель (доцент)	32404,65	3888,56
Бакалавр	8321	998,52
ИТОГО		4887,08

5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды являются обязательными по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (63)$$

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

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность водится пониженная ставка – 27,1%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная ЗП, руб	Дополнительная ЗП, руб
Руководитель	32404,65	3888,56
Бакалавр	8321	998,52
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	-
ИТОГО		12361,04

5.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов. В данном дипломном проекте таких затрат нет.

5.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают в себя затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работа и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками. Контрагентные расходы составляют 10% от основной и дополнительной заработной платы. В данном дипломном проекте таких затрат нет.

5.7 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \cdot k_{\text{нр}}, \quad (64)$$

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

$$Z_{\text{накл}} = 45612,73 \cdot 0,3 = 13683,82 \text{ руб.}$$

5.8 Формирование бюджета затрат НИП

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет бюджета затрат НИП

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИП	4987,00
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40725,65
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4887,08
Отчисления во внебюджетные фонды	12361,04
Накладные расходы	13683,82
Бюджет затрат НИП	76647,59

5.9 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. 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 как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (65)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – 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 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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{76647,59}{76647,59} = 1.$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (66)$$

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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы (таблица 5.9).

Таблица 5.9 — Оценка характеристик исполнения проекта

Критерии	Объект исследования	
	Весовой коэффициент параметра	Оценка
Безопасность	0,25	5
Удобство в эксплуатации	0,15	4
Помехоустойчивость	0,15	3
Энергосбережение	0,20	4
Надежность	0,20	5
Материалоемкость	0,05	3
ИТОГО	1	24

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,05 = 4,25.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (67)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.5.9) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (68)$$

Таблица 5.9 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	4,25

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но так как задача имеет довольно строгие условия, решение имеет лишь один вариант.