

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Использование материалов на основе бериллия для формирования нейтронных полей в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т

УДК 621.039.519

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Александр Андреевич Нерода		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.Г. Наймушин	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 ПФ	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		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общекультурные компетенции	
Р1	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.
Р2	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.
Р3	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.
Р4	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.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	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

О.Ю. Долматов

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Александр Андреевич Нерода

Тема работы:

**Использование материалов на основе бериллия для формирования
нейтронных полей в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т**

Утверждена приказом проректора-директора
(директора) (дата, номер)

18.02.2016 №1333/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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.).

Объектом исследования является активная зона исследовательского реактора ИРТ-Т

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Создание модели активной зоны реактора ИРТ-Т в программе Tigris; 2. Изучение возможности использования различных материалов на основе бериллия в качестве материала отражателя; 3. Сравнительный анализ, полученных в результате расчета, параметров экспериментальных каналов реактора для различных комбинаций материального состава блоков отражателя.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Сборочный чертеж восьмитрубной ТВС типа ИРТ-3М

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	А.Г. Наймушин	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	А.А. Нерода		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Александр Андреевич Нерода

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. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	– вредных факторов производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей макроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение от ПЭВМ; – опасных факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:	– электробезопасность; – пожарная безопасность; – требование охраны труда при работе с ПЭВМ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:	– действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
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	Т.С. Гоголева	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Александр Андреевич Нерода		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
0A2B	Александр Андреевичу Нерода

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Ядерные физика и технологии

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; 3.Бюджет научно - технического исследования (нти).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	1.Определение интегрального финансового показателя разработки; 2.Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; 3.Определение интегрального показателя эффективности
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	А.А. Сечина	Доцент, кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A2B	Александр Андреевич Нерода		

Содержание

Введение 15

1 Конструкционные особенности реактора, его основные характеристики активной зоны **Ошибка! Закладка не определена.**

1.1 Активная зона и отражатель **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2 Характеристики ядерного топлива **Ошибка! Закладка не определена.**

1.2 Нейтронно-физические характеристики реактора **Ошибка! Закладка не определена.**

1.3 Рабочие органы СУЗ **Ошибка! Закладка не определена.**

1.4 Экспериментальные каналы **Ошибка! Закладка не определена.**

2 Используемые материалы в работе **Ошибка! Закладка не определена.**

2.1 Бериллий **Ошибка! Закладка не определена.**

2.2 Оксид бериллия **Ошибка! Закладка не определена.**

2.3 Бериллиевое стекло..... **Ошибка! Закладка не определена.**

2.4 Карбид бериллия **Ошибка! Закладка не определена.**

3 Назначение программных средств **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1 Методика расчета реактора ИРТ-Т в программной среде TIGRIS

..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4 Расчетный анализ **Ошибка! Закладка не определена.**

4.1 Компоновка активной зоны **Ошибка! Закладка не определена.**

4.1.1 ГЭК-1..... **Ошибка! Закладка не определена.**

4.1.2 ГЭК-4..... **Ошибка! Закладка не определена.**

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение **Ошибка! Закладка не определена.**

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования **Ошибка! Закладка не определена.**

5.1.1 SWOT-анализ **Ошибка! Закладка не определена.**

5.2 Планирование научно-исследовательских работ **Ошибка! Закладка не определена.**

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.. **Ошибка! Закладка не определена.**

- 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ...**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы ...**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.3 Дополнительная заработная плата**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.6 Контрагентные расходы..... **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.7 Накладные расходы **Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.2.4.8 Формирование бюджета затрат НИП**Ошибка! Закладка не определена.**
- 5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования **Ошибка! Закладка не определена.**
- 6 Социальная ответственность **Ошибка! Закладка не определена.**
- 6.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов **Ошибка! Закладка не определена.**
- 6.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ **Ошибка! Закладка не определена.**
- 6.2.1 Организационные мероприятия **Ошибка! Закладка не определена.**
- 6.3 Технические мероприятия **Ошибка! Закладка не определена.**

6.4 Условия безопасной работы	Ошибка! Закладка не определена.
6.5 Электробезопасность	Ошибка! Закладка не определена.
6.6 Пожарная и взрывная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список использованных источников	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение Б	81

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 85 страницах, содержит 19 рисунков, 23 таблицы, 14 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: исследовательский реактор, плотность потока нейтронов, экспериментальные каналы, отражатель, бериллий.

Объектом исследования является существующая активная зона реактора ИРТ-Т.

Цель работы – расчетное исследование использования материалов на основе бериллия для формирования нейтронных полей в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т.

В процессе работы была создана расчетная модель реактора ИРТ-Т в программах WIMSD 5B и TIGRIS, проведены расчеты и проделан анализ полученных результатов.

В результате данной работы были выявлены закономерности изменения нейтронных полей в экспериментальных каналах реактора ИРТ-Т в связи с изменением материала отражателя.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на USB – накопителе.

Список сокращений

СУЗ – система управления защиты

ИРТ-Т – Исследовательский реактор типовой - Томский

ТВС – тепловыделяющая сборка

АЗ – аварийная защита

АР – стержень автоматического регулирования

КС – компенсирующий стержень

ОР – орган регулирования

ГЭК – горизонтальный экспериментальный канал

ВЭК – вертикальный экспериментальный канал

Введение

Реактор ИРТ-Т – исследовательский реактор бассейнового типа с использованием в качестве замедлителя, теплоносителя и верхней защиты деминерализованной воды.

Реактор предназначен для проведения научно-исследовательских работ по физике твердого тела, нейтронно-активационному анализу элементного состава веществ, производству радионуклидов, легированию кремния, нейтронной радиографии.

Активная зона реактора собирается из ТВС типа ИРТ-3М с высоким коэффициентом размножения и малой длиной миграции, что позволяет получить геометрически малые размеры зоны и большую утечку нейтронов в отражатель.

В качестве отражателя используется бериллий, имеющий большую длину миграции нейтронов, что позволяет обеспечить широкий максимум плотности потока тепловых нейтронов и высокий уровень плотности потока нейтронов в экспериментальных каналах.

Активная зона реактора расположена в бассейне под водой на глубине 6,5 м. Бассейн окружен массивом бетона, исполняющим роль биологической защиты.

Реактор ИРТ-Т является источником нейтронного и гамма излучения и предназначен для проведения научно-исследовательских работ по физике твёрдого тела, нейтронно-активационному анализу элементного состава веществ, производству радионуклидов, легированию кремния, нейтронной радиографии и других работ с использованием реакторного излучения.

При нейтронно-трансмутационном легировании легирующие примеси не вводятся в полупроводник, а образуются («трансмутуют») из атомов исходного вещества в результате ядерных реакций, вызванных облучением исходного вещества нейтронами. Нейтронно-трансмутационное легирование позволяет получать монокристаллический кремний с особо равномерным распределением атомов примеси.

Под воздействием потока тепловых нейтронов из изотопа кремния ^{30}Si образуется радиоактивный изотоп ^{31}Si , который затем распадается с образованием стабильного изотопа фосфора ^{31}P . Образующийся ^{31}P создаёт проводимость n-типа.

Для нейтронно-трансмутационного легирования кремния предъявляют жесткие требования к степени однородности поля нейтронов. В частности, соблюдение необходимых требований необходимо для легирования кремния с целью улучшения его полупроводниковых свойств. Заказчиками продукции предъявляются жесткие требования по соблюдению однородного распределения донорных примесей, образующихся в результате (n,γ) реакции. Обеспечение заданной степени однородности характеристик канала достигается несколькими способами, главный из них – это профилирование распределения плотности потока путем формирования объема перед каналом различными материалами.