

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 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.05.2016	Выдача задания	
19.05.2016	Выбор конструктивной схемы	
26.05.2016	Расчет критических параметров проектируемого реактора	
02.06.2016	Расчет характеристик «горячего реактора», многогрупповой нейтронно-физический расчет	
06.06.2016	Расчет первичной защиты	
29.06.2016	Сдача работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
				12.05.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	О.Ю. Долматов	к.ф.-м.н., доцент		12.05.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 116 с., 1 рис., 27 табл., 9 источников, 4 прил., 2 чертежа.

Ключевые слова: ядерный реактор, защита, доза, нейтронно-физический расчет, многогрупповой расчет, спектр потоков, ценность нейтронов.

Объектом исследования является ядерный реактор мощностью 1470 МВт с *МОХ* топливом и обогащением 2,1 % и с натриевым теплоносителем.

Цель работы – выполнение нейтронно-физического расчёта реактора, состоящего в физическом обосновании конструкции и определении совокупности физических параметров, удовлетворяющих поставленным требованиям.

В результате исследования произведён нейтронно-физический расчет данного реактора, в частности оценены размеры активной зоны, рассчитаны коэффициенты размножения «холодного» и «горячего» реакторов, произведён многогрупповой расчёт.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реактор типа УГР, тепловая мощность

1470 МВт, ядерное горючее *МОХ*, обогащение 2,1 %, теплоноситель *Na*, материал оболочек ТВЭЛов и кассет – сталь 1Х18Н9Т.

Область применения: ядерная энергетика.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Ядерный реактор: Устройство, предназначенное для организации управляемой самоподдерживающейся цепной реакции деления, сопровождаемой выделением энергии.

Кампания ядерного реактора: Время работы реактора с одной и той же загрузкой ядерного топлива.

Кампания ядерного топлива: Время работы топлива в пересчете на полную мощность реактора; время, в течение которого топливо находится в реакторе.

Выгорание ядерного топлива: Снижение концентрации любого нуклида в ядерном топливе, вследствие ядерных превращений этого нуклида при работе реактора.

Отравление ядерного реактора: Процесс накопления в реакторе короткоживущих продуктов деления, участвующих в непроизводительном захвате нейтронов и тем самым снижающих запас реактивности реактора при их образовании.

Шлакование ядерного топлива: Процесс накопления в работающем реакторе стабильных и долгоживущих продуктов деления, участвующих в непроизводительном захвате нейтронов и тем самым снижающих запас реактивности реактора.

БН – быстрые нейтроны;

ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор;

МэВ – мегаэлектронВольт;

РБМК – реактор большой мощности канальный;

ТКР – температурный коэффициент реактивности;

ТЭР – температурный эффект реактивности;

УГР – уран-графитовый реактор;

ЖМТ – жидкометаллический теплоноситель;

КВ – коэффициент воспроизводства.

Оглавление

Введение.....	15
Глава 1 Обзор литературы.....	16
1.1 Уран-графитовые реакторы.....	16
1.2 Жидкометаллическое охлаждение реактора	17
1.3 Тепловыделяющие элементы реакторов.....	18
1.4 Материалы оболочек тепловыделяющих элементов.....	19
Глава 2 Нейтронно-физический расчет	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Предварительный тепловой расчет	Ошибка! Закладка не определена.
2.1.1 Выбор рабочих параметров.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1.2 Предварительный расчет	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Ядерно-физические характеристики «холодного» реактора.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
2.2.1 Расчет концентраций материалов.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.2 Расчет микро- и макросечений для реактора	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.3 Расчет для «холодного» реактора k_{∞} ..	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.4 Расчет для «холодного» реактора $k_{эф}$..	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 3 Оптимизация	21
Глава 4 Расчет «горячего реактора».....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1 Ядерно-физические характеристики «горячего» реактора.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
4.2 Расчет коэффициента размножения для бесконечной среды K_{∞} «горячего» реактора	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Расчёт эффективного коэффициента размножения «горячего» реактора	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Многогрупповой расчет, спектр и ценности нейтронов в активной зоне	Ошибка! Закладка не определена.

4.5 Пересчет концентраций	Ошибка! Закладка не определена.
4.6 Многогрупповой расчет	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 5 Расчет защиты от потоков нейтронов и гамма-излучения.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
5.1 Расчет первичной защиты реактора	Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Расчет потоков нейтронов с поверхности активной зоны реактора ..	Ошибка!
Закладка не определена.	
5.3 Ослабление нейтронного излучения в первичной защите	Ошибка! Закладка не определена.
5.4 Расчет мощности гамма-излучения с поверхности АЗ (первичное гамма-излучение)	Ошибка! Закладка не определена.
5.5 Расчёт захватного (вторичного) гамма-излучения в защите	Ошибка!
Закладка не определена.	
5.6 Расчет прохождения гамма – излучения через защиту	Ошибка! Закладка не определена.
5.7 Расчёт мощности дозы гамма-излучения за защитой ..	Ошибка! Закладка не определена.
Глава 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	24
6.1 Потенциальные потребители результатов исследования	24
6.2 Анализ конкурентных технических решений	25
6.2 SWOT-анализ	27
6.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	30
6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	30
6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	32
6.4 Разработка графика проведения научного исследования	33
6.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	38
6.5.1 Расчет материальных затрат НТИ	38
6.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы	40

6.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	44
Глава 7 Социальная ответственность.....	47
7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	47
7.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ	48
7.2.1 Организационные мероприятия.....	48
7.2.2 Технические мероприятия.....	49
7.3 Условия безопасной работы.....	50
7.4 Электробезопасность	52
7.5 Пожарная и взрывная безопасность	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	56
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	58
Приложение Б	59
Приложение В.....	60
Приложение Г	61

Введение

Основная задача нейтронно-физического расчета реактора состоит в физическом обосновании конструкции и определении совокупности физических параметров реактора, удовлетворяющего поставленным требованиям.

Выбрав и обосновав конструктивную схему реактора, необходимо далее провести оценочный тепловой расчет, в результате которого определяются размеры активной зоны.

Основной задачей данной работы является проведение теплового расчета, определение размеров ТВС, расчет характеристик «холодного» и «горячего» реактора и нахождение k_{∞} и $k_{эф}$, а также расчёт температурного коэффициента реактивности, спектров интегральных потоков и ценностей нейтронов в активной зоне.

Глава 1 Обзор литературы

1.1 Уран-графитовые реакторы

Уран-графитовые реакторы – одни из самых распространенных типов реакторов в мире. Это связано с тем, что графит от природы имеет очень низкое сечение поглощения нейтронов, хорошо проводит тепло, термостоек и химически довольно инертен. При проектировании и эксплуатации ядерных реакторов с графитом в качестве замедлителя возникают следующие особенности:

- с графитом сочетаются большинство теплоносителей, в том числе высокотемпературные;
- коэффициент воспроизводства у таких реакторов больше, чем в ВВЭР;
- функционирование системы с перегрузкой работающего реактора;
- при использовании в качестве теплоносителя газ, число конструкционных материалов в активной зоне сводится к минимуму.

При столь весомых достоинствах реакторов, использующих в качестве замедлителя графит, они имеют и недостатки:

- малая замедляющая способность при большой длине замедления, что приводит к большим размерам активной зоны и низкой плотности теплосъема;
- при длительных радиационных воздействиях происходит изменение физико-механических свойств и размеров графита, происходит накопление внутренней энергии;
- пористость графита позволяет теплоносителю проникать в него, а это плохо влияет на реактивность.

Чаще всего встречаются следующие группы графитовых реакторов:

- двухцелевые газографитовые корпусные реакторы (ГГР);

- промышленные низкотемпературные графитовые реакторы для производства плутония, использующие в качестве горючего природный металлический уран и охлаждаемые водой или газом;
- энергетические канальные реакторы с водой в качестве теплоносителя на слабо обогащенном металлическом или оксидном топливе с покрытием из нержавеющей стали или сплавов на основе циркония или алюминия;
- энергетические реакторы с жидкометаллическим теплоносителем на обогащенном уране с циркониевыми или нержавеющей оболочками ТВЭЛ. В этом случае графит должен быть огражден от контакта с теплоносителем.

1.2 Жидкометаллическое охлаждение реактора

Графитовые реакторы с натриевым теплоносителем привлекли к себе внимание в силу известных достоинств жидкометаллических теплоносителей (ЖМТ), которые имеют высокую температуру кипения при низком давлении, обладают хорошими теплофизическими свойствами, имеют достаточно высокую тепловую и радиационную устойчивость, сравнительно слабое воздействие на конструкционные материалы. Все это позволяет без особых трудностей поднять рабочие температуры ядерной энергетической установки до гораздо более высоких значений по отношению к реакторам с водяным теплоносителем, тем самым повышая КПД атомной электростанции.

Кроме натрия в качестве жидкометаллических теплоносителей возможно также использование калия, эвтектических сплавов натрия и калия, свинца, висмута, свинцово-висмутовых смесей, ртути. Наибольшее предпочтение отдается натрию, а также (из-за низкой температуры плавления) натрий-калиевым эвтектикам.

1.3 Тепловыделяющие элементы реакторов

Твэлы и ТВС являются важнейшими элементами энергетического реактора. Их конструкция должна обеспечивать надежную работу при высоких плотностях энерговыделения и больших глубинах выгорания. Твэлы выполняют важную функцию барьеров безопасности – предотвращают выход высокоактивных продуктов деления в теплоноситель.

При выборке конструкции твэла и его размеров, стоит учесть следующие соображения:

- с возрастанием отношения поверхности к объему твэла уменьшаются размеры активной зоны, но одновременно возрастает доля конструкционных материалов, снижаются прочностные и вибрационные характеристики твэлов;
- поперечные размеры твэлов должны уменьшаться с увеличением температуры теплоносителя и тепловых потоков, а также с уменьшением теплопроводности топлива;
- конструкция и размеры твэлов существенно влияют на параметры размножающей среды и загрузку топлива в реактор

Выбор типа твэла и его размеров лучше проводить по прототипам.

На данный момент существует множество конструктивных форм твэлов. По геометрической форме твэлы разделяют на:

- блочковые;
- стержневые;
- кольцевые;
- трубчатые;
- пластинчатые;
- ленточные;
- шаровые;
- призматические.

Чаще всего применяются твэлы стержневой и трубчатой формы, которые имеют оболочку из сплавов на основе железа, алюминия, циркония.

В данной работе выбраны твэлы стержневой формы с наружным охлаждением.

Твэл состоит из топливного сердечника, оболочки, которая отделяет сердечник от теплоносителя и замедлителя, и концевых деталей, служащих для герметизации полости сердечника. Внутри оболочки есть свободный объем для компенсации разности термических расширений сердечника и оболочки. Так же этот объем компенсирует увеличение объема при работе. Этот зазор не превышает $0,5 \div 2$ мм. Для улучшения теплопередачи этот зазор наполняют газом или жидким металлом. Помимо радиального зазора, необходимо учесть газовые полости, где будут накапливаться газообразные продукты деления. Эти полости могут быть сделаны в виде осевого зазора на концах твэла (за пределами активной зоны), или в виде отверстия по центру топливной таблетки, распределенного по длине, либо в форме углублений на стыках таблеток, входящих в состав сердечника.

1.4 Материалы оболочек тепловыделяющих элементов

Оболочки твэл работают в очень трудных условиях – длительное воздействие высоких температур и полей облучения, давления, тепловых потоков, коррозионное воздействие теплоносителя, топлива и продуктов деления. Поэтому к ним предъявляются очень жесткие требования:

- небольшое сечение поглощения нейтронов;
- высокая механическая прочность и неизменность формы под действием температуры и радиации;
- большая теплопроводность;
- коррозионная и эрозионная стойкость в теплоносителе и совместимость с ядерным горючим.

Толщину оболочки твэл выбирают из условий обеспечения достаточной прочности. Она составляет $0,2 \div 0,4$ мм для стальных оболочек.

Нержавеющие стали – самый часто встречающийся на данный момент конструкционный материал. Он обладает высокой механической прочностью, коррозионной стойкостью и хорошими технологическими свойствами. В ядерной энергетике наибольшее распространение получила сталь марки 1X18H9T. Некоторыми недостатками стали является недостаточная устойчивость в серной кислоте, опасность появления межкристаллитной коррозии, которая вызывается воздействием богатой кислородом воды.

В данной работе в качестве конструкционного материала используется сталь марки 1X18H9T, имеющая состав:

- 70,7 % железа;
- 18 % хрома;
- 9 % никеля;
- 0,8 % титана;
- 1,5 % марганца.

Плотность стали составляет $7,95 \text{ г/см}^3$. Данная сталь показала высокую совместимость с различными видами ядерного горючего.

Глава 3 Оптимизация

Оптимизация заключается в подборе шага ячейки $h_{яч}$, радиуса канала $R_{кн}$ и радиуса твэл $R_{твэл}$ с расчетом повышения значения эффективного коэффициента размножения. Зависимость эффективного коэффициента размножения и скорости теплоносителя от шага ячейки показана в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость эффективного коэффициента размножения и скорости теплоносителя от шага ячейки

Шаг ячейки, см	Эффективный коэффициент размножения	Скорость теплоносителя, м/с
20	1,2539	0,94
21	1,2563	1,04
22	1,2587	1,14
23	1,2641	1,25
24	1,2645	1,36
25	1,2640	1,47
26	1,2590	1,60
27	1,2574	1,72
28	1,2551	1,85
29	1,2534	1,99

Максимальное значение эффективного коэффициента размножения наблюдается при шаге ячейки 24 см, а скорость теплоносителя 1,36 м/с, что соответствует требованиям. Видно, что скорость теплоносителя растёт с увеличением шага ячейки.

Зависимость эффективного коэффициента размножения и скорости теплоносителя от радиуса канала показана в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость эффективного коэффициента размножения и скорости теплоносителя от радиуса канала

Радиус канала, см	Эффективный коэффициент размножения	Скорость теплоносителя, м/с
3,25	1,3349	7,64
3,5	1,3328	5,12
3,75	1,3253	3,77
4	1,3167	2,95
4,5	1,3016	1,99
5	1,2645	1,47

Оптимальным вариантом является радиус канала 3,25 см, что соответствует скорости теплоносителя 7,64 м/с, при этом значение эффективного коэффициента размножения максимально. Видно, что скорость теплоносителя падает с увеличением радиуса канала.

Зависимость эффективного коэффициента размножения и скорости теплоносителя от радиуса таблетки показана в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение внешнего диаметра твэла

Радиус твэла, см	Эффективный коэффициент размножения	Скорость теплоносителя, м/с
0,48	1,252	1,26
0,53	1,255	1,32
0,58	1,260	1,39
0,63	1,264	1,47
0,68	1,262	1,58
0,73	1,260	1,71
0,78	1,259	1,87
0,83	1,257	2,09
0,88	1,244	2,38

Таким образом, максимальное значение эффективного коэффициента размножения достигается при шаге ячейки 24 см, радиусе твэла 0,63 см и

радиусе канала 3,25 см. Скорость теплоносителя при этом не выходит за рамки допустимого (до 10 м/с).

Глава 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Результатом исследования является ядерная энергетическая установка, целью которой является производство электроэнергии.

Целевым рынком данного исследования несомненно будут являться государственный корпорации по энергетике, в частности по атомной энергетике. Примером могут служить такие госкорпорации как Росэнергоатом (Россия), Минэнерго (Беларусь), Энергоатом (Украина) и т.п.

Сегментировать рынок услуг по разработке ядерной энергетической установки можно по следующим критериям: уровень развития атомной энергетики страны, 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 1– Карта сегментирования рынка услуг по ЯЭУ

Необходимость в странах 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.

6.2 Анализ конкурентных технических решений

В данной работе рассмотрен уран-графитовый канальный реактор на тепловых нейтронах с газовым теплоносителем. Несомненными конкурентами данной ядерно-энергетической установки являются водо-водяной корпусный энергетический реактор с водяным теплоносителем (ВВЭР) отечественной разработки, уран-графитовый канальный реактор с водяным теплоносителем (РБМК) отечественной разработки, тяжеловодный водо-водяной канальный энергетический реактор с водяным теплоносителем (CANDU) канадской разработки. Не стоит забывать, что любая ядерно-энергетическая установка – это конкурент. Так как имея общую задачу производство энергии, пути решения данной задачи могут несколько отличаться, что вызывает в каждом случае свои «плюсы» и «минусы».

Для анализа конкурентных технических решений стоит рассмотреть ядерные энергетические установки наиболее близкие по способу решения задачи производства энергии. Так же следует отметить, что в качестве сравнения следует выбрать 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. 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 1. 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:

$$K = \sum B_i \cdot F_i, \quad (6.21)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_k	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
2. Удобство в эксплуатации	0,02	3	4	5	0,06	0,08	0,1
3. Энергоэкономичность	0,1	1	3	2	0,1	0,3	0,2
4. Надежность	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
5. Уровень шума	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
6. Безопасность	0,3	3	3	4	0,9	0,9	1,2
7. Потребность в ресурсах памяти	0,01	4	4	4	0,04	0,04	0,04
8. Функциональная мощность	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,01	4	4	5	0,04	0,04	0,05
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	2	4	5	0,1	0,2	0,25
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,13	4	4	2	0,52	0,52	0,26
4. Послепродажное обслуживание	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
Итого	1				3,05	3,5	3,55

Выше представлен анализ конкурентоспособности ЯЭУ, представленной в данной работе, среди отечественных разработок РБМК-1500 (B_{k1}) и ВВЭР-1000 (B_{k2}). Из анализа видно, что преимущество разрабатываемой ЯЭУ особенно заметно в функциональной мощности, что является одной из главных причин повышения производительности труда пользователя. В остальном ЯЭУ имеет показатели несколько хуже. Это связано с большим количеством трубопроводов и различных вспомогательных подсистем, а также наличием газового теплоносителя, который нуждается в высоких затратах на прокачку через активную зону. Данная установка единственная в своем роде и представительства на рынке не имеет.

6.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

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

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

- при использовании газового теплоносителя в данной установке типа УГР имеем преимущество избежать кипения теплоносителя в каналах активной зоны (у гелия температура кипения — самая низкая среди всех известных веществ.);
- возможность перегрузки топлива в реакторе, не останавливая его;
- в случае использования канальной схемы имеем возможность увеличения мощности установки, при этом избегая увеличения размеров активной зоны реактора;
- газ практически не поглощает нейтроны, поэтому изменение содержания газа в реакторе не влияет на реактивность.

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

Слабыми сторонами разрабатываемой ЯЭУ можно назвать следующие свойства и особенности:

- канальная схема имеет много трубопроводов и ответвлений, что требует для работы высококвалифицированного персонала;
- использование канальной схемы делает невозможным создания корпуса реактора, что уменьшает его безопасность;
- большие затраты на прокачку теплоносителя из-за больших объемов и низкой плотности.

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

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. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

К угрозам можно отнести:

- снижение государственного финансирования развития атомной энергетики и ввода в эксплуатацию новых типов установок;
- природные катаклизмы: землетрясения, цунами, смерчи;
- угроза диверсионных и террористических действий в отношении ЯЭУ.

В таблице 14 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 14 — Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	-
	B2	-	-	-
	B3	+	+	-

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

В таблице 15 представлен SWOT-анализ виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сторон, возможностей и угроз.

Таблица 15 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: C1. При использовании газового теплоносителя в данной установке типа УГР имеем преимущество избежать кипения теплоносителя в каналах активной зоны. C2. В случае использования канальной схемы имеем возможность увеличения мощности установки, при этом избегая увеличения размеров активной зоны реактора. Более равномерное и глубокое выгорание ядерного топлива C3. Возможность перегрузки топлива в реакторе, без его остановки.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большие затраты на прокачку теплоносителя из-за больших объемов и низкой плотности. Сл2. Наличие множества трубопроводов и ответвлений в канальной схеме, что требует для работы участия высококвалифицированного персонала. Сл3.Использование канальной схемы делает невозможным создание корпуса реактора, что уменьшает его безопасность.
--	--	--

Продолжение таблицы 15

Возможности: В1.Снижение стоимости электроэнергии. В2.Предоставление рабочих мест. В3.Расширение производства и мощностей для обеспечения работоспособности ЯЭУ	1. Увеличение мощности ЯЭУ приведет к еще более сильному снижению цен на электричество и увеличит рабочие места. 2. Более равномерное и глубокое (по сравнению с корпусными ВВЭР) выгорание ядерного топлива – экономия материальных ресурсов.	1. Высококвалифицированный персонал повысит качество работы ЯЭУ, увеличит безопасность на производстве. 2.Дополнительные производства для обеспечения ЯЭУ газовым теплоносителем.
Угрозы: У1.Природные катаклизмы. У2.Снижение государственного финансирования развития атомной энергетики и ввода в эксплуатацию новых типов установок. У3. Наличие угрозы несанкционированных действий в отношении ЯЭУ.	1. Возможность увеличения мощности влечет за собой привлечение действий террористического и диверсионного характеров. 2. Постоянная работа реактора и возможность увеличения мощности вызывает дополнительный интерес у государства.	1. Отсутствие корпуса у реактора делает его уязвимым перед природными катаклизмами. 2. Большие затраты на прокачку теплоносителя из-за больших объемов и низкой плотности, требует дополнительной затраты электроэнергии, что существенно снижает интерес государства к данной ЯЭУ.

Проанализировав характер НТР можно сделать вывод, 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.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;

- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят дипломник и его руководитель. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления Исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Дипломник
	6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Дипломник
	7	Оценка достоверности полученных характеристик, путем сравнения их с характеристиками существующего аналога	Руководитель, дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Выбор и расчет конструкции	Дипломник
	10	Разработка чертежей	Дипломник
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Дипломник

Продолжение таблицы 16

Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Дипломник
	13	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	Руководитель, дипломник
	14	Представление разработки заинтересованной компании	Руководитель, дипломник, лица, представляющие заинтересованную компанию

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

$t_{\max i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

6.4 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 102 - 16} = 1,48,$$

$$t_{\text{min}1} = 1,$$

$$t_{\text{max}1} = 2,$$

$$t_{\text{ожс}1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4,$$

$$T_{pi} = \frac{1,4}{1} = 1,4,$$

$$T_{ki} = 1,4 \cdot 1,48 = 2.$$

Все значения полученные выше, были сведены в таблицу 17.

Таблица 17 – график проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность в раб. днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел- дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Д	Р	Д	Р	Д	Р				
							Д	Р	Д	Р
1. Составление и утверждение технического задания	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2

Продолжение таблицы 17

2. Подбор и изучение материалов по теме	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	7	-
3.Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
4.Календарное планирование работ по теме	-	1	-	5	-	2,6	-	2,6	-	4
5.Проведение теоретических расчетов и обоснований	15	-	30	-	21	-	21	-	31	-
6.Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	4	-
7.Оценка достоверности полученных характеристик, путем сравнения их с характеристикам и существующего аналога	2	2	3	3	2,4	2,4	1,2	1,2	2	2
8.Определение целесообразност и проведения ОКР	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2

Продолжение таблицы 17

9.Выбор и расчет конструкции	10	-	25	-	16	-	16	-	24	-
10.Разработка чертежей	2	-	3	-	2,4	-	1,2	-	2	-
11.Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	3	-
12.Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	9	-
13.Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
14.Представление разработки заинтересованной компании	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1

На основе таблицы 17 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках

научно-исследовательского проекта и представлен в таблице 18 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.

Таблица 18 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				март.				апрель				Май				июнь			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Составление и утверждение технического задания	Р	2																
2	Подбор и изучение материалов по теме	Д	7																
3	Выбор направления исследований	Д, Р	1, 1																
4	Календарное планирование работ по теме	Р	4																
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Д	31																
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Д	4																
7	Оценка достоверности полученных характеристик, путем сравнения их с характеристиками существующего аналога	Д, Р	2, 2																
8	Определение целесообразности проведения ОКР	Р	2																
9	Выбор и расчет конструкции	Д	24																
10	Разработка чертежей	Д	2																
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Д	3																

Продолжение таблицы 18

[illegible]

 - студент;  - руководитель.

6.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

6.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi} ,$$

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.);

$Ц_i$ – 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.

Основные работы для ВКР проводились за рабочей станцией в комнате жилого дома. Время, проведенное за рабочей станцией: 856 часов. Мощность рабочей станции: 0,5 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = Ц_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 1,82 \cdot 0,5 \cdot 856 = 778,96 ,$$

где $Ц_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (1,82 руб. за 1 кВт·ч);

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
1. Учебная литература	шт.	2	400	800
2. Бумага	шт.	150	0,5	75
3. Ручка	шт.	4	40	160

Продолжение таблицы 19

4. Карандаш	шт.	2	8	16
5. Ластик	шт.	1	10	10
6. Печать на листе А4	шт.	200	2	400
7. Доступ в интернет	месяц	4	470	1880
8. Электроэнергия	кВт·ч	428	1,82	778,96
Итого				4119,96

6.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Трудо- емкость, чел.-дн.		Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
		Д	Р	Д	Р	Д	Р
1	Составление и утверждение технического задания	-	1,4	0,090	4000	-	5,600
2	Подбор и изучение материалов по теме	4,8	-			0,432	-
3	Выбор направления исследований	0,7	0,7	0,090	4000	0,063	2,800
4	Календарное планирование работ по теме	-	2,6			-	10,400

Продолжение таблицы 20

5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	21	-			1,890	-
6	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	2,4	-			0,216	-
7	Оценка достоверности полученных характеристик, путем сравнения их с характеристиками существующего аналога	1,2	1,2			0,108	4,800
8	Определение целесообразности проведения ОКР	-	1,4	0,090	4000	-	5,600
9	Выбор и расчет конструкции	16	-			1,44	-
10	Разработка чертежей	1,2	-			0,108	-
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	1,8	-			0,162	-
12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	5,8	-			0,522	-
13	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	0,7	0,7	0,090	4000	0,063	2,800
14	Представление разработки заинтересованной компании	0,7	0,7			0,063	2,800
Итого:						5,067	34,800

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

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

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

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($З_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, студента) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p,$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 21).

Таблица 21 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководите ль	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	33	29
Действительный годовой фонд рабочего времени	214	218

Месячный должностной оклад работника:

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

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

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

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 $Z_{тс}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{сi}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 22.

Таблица 22 – Расчёт основной, дополнительной заработных плат, а так же величина отчислений во внебюджетные фонды.

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	34800	0,3	0,3	1,3	72384	3585	8,7	31190	3743	9467
Бакалавр	2733	–	–	1,3	5685	276	56,3	15539	–	–
Итого $Z_{\text{осн}}$								46729		

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}} = 0,271$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды занесены в таблицу 23.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнение темы. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (31190 + 3743) = 10479,9,$$

где $k_{\text{накл}}$ — коэффициент накладных расходов, равный 30 %.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	4119,96
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	46729
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3743
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9467
5. Накладные расходы	10479,9
Бюджет затрат НТИ	74538,86

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{74538,86}{74538,86} = 1,$$

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 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).

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;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы 24.

Таблица 24 – Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3
4. Энергосбережение	0,15	4

Продолжение таблицы 24

5. Надежность	0,25	4
6. Материалоемкость	0,1	3
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,1 = 3,95.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}.$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}.$$

Таблица 25 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	3,95

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Глава 7 Социальная ответственность

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно, называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

7.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. В таблице 26 приведены элементы производственного процесса.

Таблица 26 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ, Кафедра ФЭУ НИ ТПУ	—	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ,УВЧ,СВЧ и так далее)	—	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	—	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность

При работе на ПЭВМ на студента воздействуют следующие факторы:

- физические: температура и влажность воздуха; шум; статическое электричество; электромагнитное поле низкой частоты; освещённость; наличие излучения;
- психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки.

7.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ

7.2.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной

санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа непосредственно на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией или лицом ответственным за рабочее место после обучения на рабочем месте. После чего сотруднику присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается удостоверение специального образца.

Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием перед устройством на работу.

7.2.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах

680–800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420–550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину

поверхности сиденья не менее 400 мм, поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500–600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края.

7.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23–25	40–60	0,1
Тёплый	23–25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до

20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность 40%, скорость движения воздуха 0,1 м/с, температура летом плюс 20–25 °С, зимой плюс 13–15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 25 В/м;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 2,5 В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц — 250 нТл;
- в диапазоне частот от 2 до 400 кГц — 25 нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

7.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ЭВМ;

- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ЭВМ);

- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;

- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;

- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;

- покрытие металлических поверхностей инструментов надёжной изоляцией;

- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заклучение в корпуса электропоражающих элементов, заклчение в корпус токоведущих частей).

7.5 Пожарная и взрывная безопасность

В зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;

- работа с открытой электроаппаратурой;

- короткие замыкания в блоке питания;

- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорючих или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения — предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;

- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;

- правильное размещение оборудования;

- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководителю;

- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;

- принять меры в соответствии с инструкцией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были выбраны оптимальные параметры элементов конструкции реактора и материалов, входящих в состав активной зоны, для данного типа реактора. После проведения предварительного теплового расчета геометрические размеры активной зоны были также определены.

Определение ядерных концентраций, микро- и макросечений, коэффициентов формулы четырех сомножителей и другие нюансы были освоены в ходе проведения нейтронно-физического расчета критического состояния «холодного» реактора.

Отработан навык использования системы 26-групповых констант, на основе которых рассчитаны спектры интегральных потоков и ценностей нейтронов в активной зоне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нейтронно-физический и теплогидравлический расчет реактора на тепловых нейтронах: учебное пособие / В.И. Бойко [и др.]. – Томск: Томский государственный университет, 2002. – 192 с.
2. Бартомолей Г.Г. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов / Г.Г. Бартомолей, Г.А. Бать, В.Д. Байбаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Энергоатомиздат, 1989. – 512 с.
3. Об основах охраны труда в Российской Федерации: Федеральный закон от 17 июля 1999 № 181 – ФЗ // Российская газ. – 1999. – 24.07. – С. 4
4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» [Текст]. – Взамен СанПиН 2.2.2.542-96; введ. 2003-06-30. – М: Российская газета, 2003. – 3 с.
5. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983-01-07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с.
6. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02-85; введ. 1998-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 6 с.
7. Физические величины: Справочник / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. Абагян Л.П. Групповые константы для расчета ядерных реакторов и защиты: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
9. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. Пособие / П.П. Кукин, В.Л. Лапин – М.: Высшая школа, 1999. – 318 с.

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

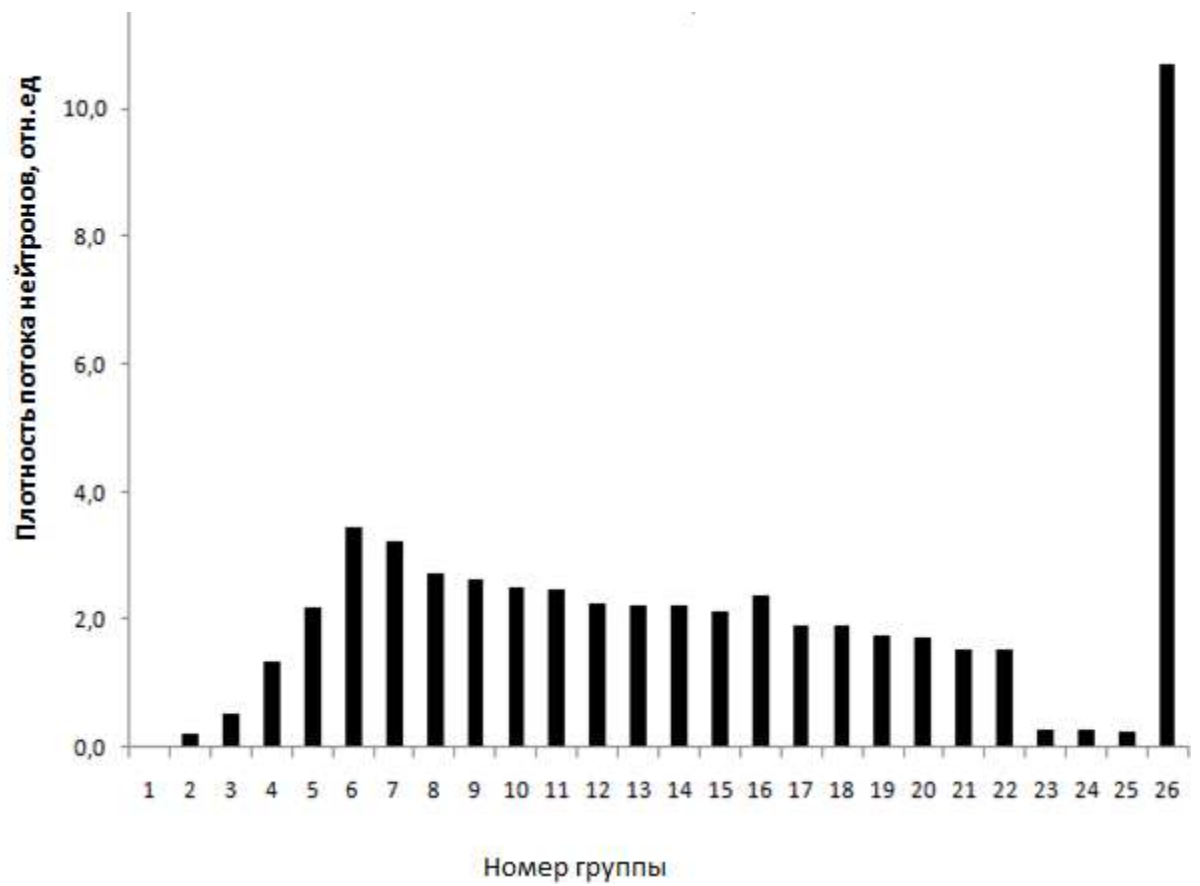


Рисунок 3 – График интегрального потока нейтронов

Приложение Г

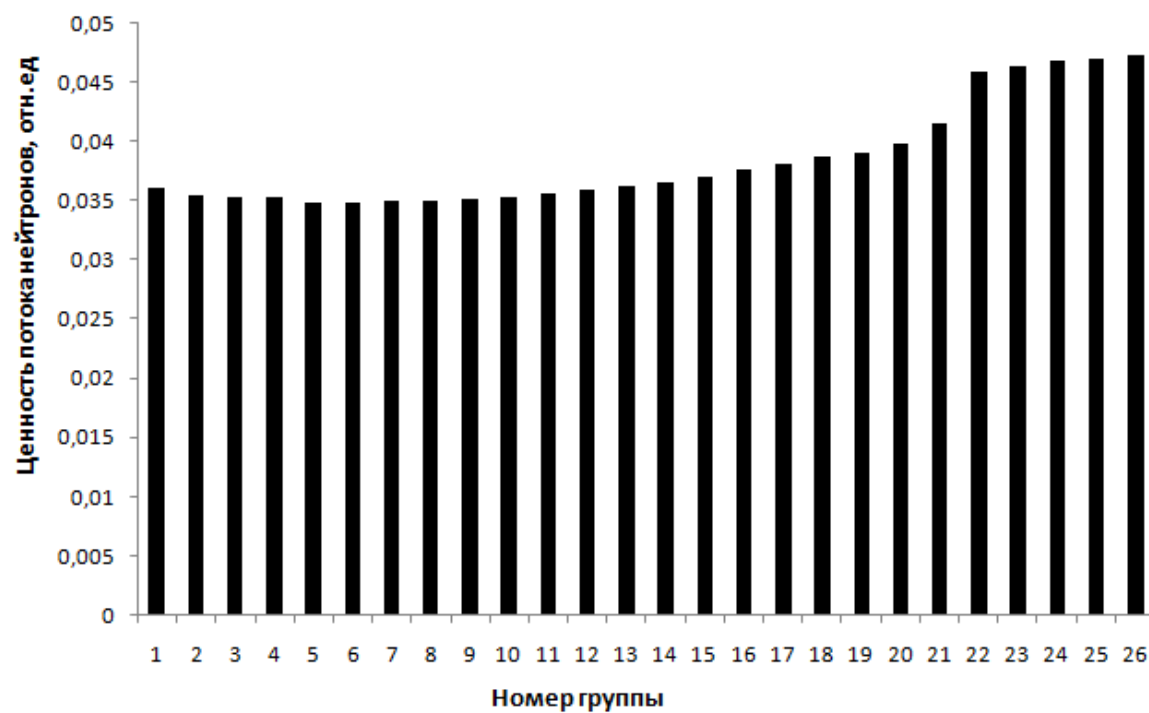


Рисунок 4 – График ценности нейтронов