

**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
<b>Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции с канальным реактором</b>

УДК 621.039.58:621.311.25:621.039.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Г	Кашин Д.И.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Меньшикова Е.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
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.

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P8	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).
P9	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.
P10	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.

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>
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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Г	Кашин Д.И.

Тема работы:

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	16.02.17 №958/с
---	-----------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– атомная станция;</li><li>– план объекта;</li><li>– требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта и технологического процесса;</li><li>– угроза: диверсия</li><li>– оборудования лаборатории неразрушающего контроля;</li></ul>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте;</li><li>- формирование и выделение требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты на основе определения модели нарушителя и</li></ul>

	<p>сценариев совершения несанкционированных действий;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- мероприятия в рамках систем учета и контроля ЯМ (выделение объекта зон исходя из требований организации охраняемых зон в СФЗ и ЗБМ для СУиК ЯМ)</li> <li>- анализ спектральных характеристик неизвестного образца.</li> <li>- определение категории ЯМ.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b>	схема ядерного объекта – обязательный чертеж.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Е. В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:</b>	
нет	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику:</b>	08.05.2017
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Г	Кашин Д.И.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А3Г	Кашину Д.И.

<b>Институт</b>	Физико-технический	<b>Кафедра</b>	Физико-энергетические установки
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерная физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1. Материальные затраты – 3000 руб. 2. Оклад руководителя – 23264,86 руб., инженера 1 категории – 9893,56 руб.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Тариф на электроэнергию – 5,8 руб. за 1 кВт·ч.
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	1. Районный коэффициент – 30 %; 2. Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 27,10 %;

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала и перспективности научного исследования</i>	Сравнения конкурентных технических решений (разработок).
<i>Формирование плана и графика разработки научного исследования</i>	1. Иерархическая структура работ; 2. SWOT-анализ; 3. Календарный план-график реализации проекта.
<i>Составление бюджета научного исследования</i>	Бюджет научно – технического исследования: – расчет материальных затрат; – расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; – накладные расходы; – формирование бюджета затрат. –
<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности научного исследования</i>	– определение интегрального финансового показателя; – определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки; – определение интегрального показателя эффективности.

<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</b>
<i>Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений;</i> <i>Матрица SWOT;</i> <i>Иерархическая структура работ;</i> <i>Календарный план проекта;</i> <i>Линейный план-график проекта;</i> <i>Бюджет проекта;</i> <i>Определение ресурсоэффективности проекта.</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.05.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Меньшикова Е. В.	к. ф. н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А3Г	Кашин Д.И.		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А3Г	Кашин Д.И.

<b>Институт</b>	<b>ФТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФЭУ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	- вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); - опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	- электробезопасность; - пожаро- и взрывобезопасность; - требования охраны труда при работе на ПЭВМ.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	- действие факторов на организм человека; приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).
2. <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</i>	- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты); - пожаро- и взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.05.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А3Г	Кашин Д.И.		

**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 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.05.2017	<i>Выдача задания</i>	
15.05.2017	<i>Проведение анализу уязвимости ядерного объекта</i>	
22.05.2017	<i>Компоновка рубежей охраны</i>	
29.05.2017	<i>Проведение измерений и анализ полученных результатов</i>	
08.06.2017	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 7 рисунков, 24 таблицы, 1 приложение.

Ключевые слова: ядерный объект, ядерный материал, система физической защиты, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, внутренняя зона ядерного объекта, анализ уязвимости.

Объектом исследования являются вопросы организации и функционирования СФЗ, учета и контроля ядерных материалов.

Целью выпускной квалификационной работы является проектирование оснащения элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты внутренней зоны и защищенной зоны при совершенствовании СФЗ ядерного объекта.

В процессе работы проводился анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования системы физической защиты и системы учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте, формулирование требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты, важной и защищенной зон. Был проведен анализ спектральных характеристик неизвестного источника ионизирующего излучения.

В результате представлен проект по оснащению комплексом инженерно-технических средств физической защиты внутренней зоны. Был определен изотопный состав неизвестного источника ионизирующего излучения, а также его активность и масса.

## Список сокращений

- ВЗ – внутренняя зона;
- ЗБМ – зона баланса материала;
- КПП – контрольно-пропускной пункт;
- ЛКПП – людской контрольно-пропускной пункт;
- КТИ – ключевая точка измерений;
- ОТВС – отработавшая тепловыделяющая сборка;
- ОЯТ – отработанное ядерное топливо;
- ПФЗ – предмет физической защиты;
- СКД – средства контроля доступа;
- СКУД – система контроля и управления доступом;
- СОЭН – система оптико-электронного наблюдения;
- СУиК – система учета и контроля;
- СФЗ – система физической защиты;
- ТУК – транспортный упаковочный контейнер;
- УЕ – учетная единица;
- УиК – учет и контроль;
- ФЗ – физическая защита;
- ЯМ – ядерный материал;
- ЯО – ядерный объект;
- ЯТЦ – ядерный топливный цикл;
- ЯУ – ядерная установка.

## Оглавление

Введение.....	15
1 Организация систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте.....	17
1.1 Функционирование систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте .....	17
1.2 Система физической защиты на ядерном объекте .....	18
1.2.1 Категорирование предметов физической защиты .....	19
1.2.2 Организация системы охранной сигнализации внутри помещений.....	20
1.3 Процедуры учет и контроль ядерных материалов на предприятии .....	23
2 Описание объекта.....	27
2.1 Описание технологических процессов на ядерном объекте .....	28
2.1.1 Описание процессов обращения ядерных материалов .....	29
2.1.2 Проведение анализ уязвимости объекта.....	30
2.1.3 Разработка модели нарушителя.....	31
2.2 Проведение измерений характеристик ядерных материалов.....	33
2.2.1 Описание методов проведения измерений характеристик ЯМ.....	34
2.3 Вопросы организации СУиК ЯМ на ЯО .....	35
2.3.1 Категорирование ЯМ .....	36
2.3.2 Организация зон баланса материалов .....	36
3 Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на предприятии.....	38
3.1 Оснащение границ внутренней зоны комплексом инженерно-технических средств физической защиты.....	38
3.2 Анализ спектральных характеристик неизвестного образца .....	41
4 Финансовый менеджмент.....	44
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	44
4.2 Технология QuaD .....	44
4.3 SWOT-анализ.....	46
4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	49
4.2 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	60
5. Социальная ответственность .....	64
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	65

5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих.....	66
5.2.1 Требования к ПК и организация работы .....	66
5.3 Электробезопасность .....	71
5.4 Пожарная и взрывная безопасность.....	72
Заключение .....	75
Список использованных источников .....	76
Приложение А .....	79

## Введение

Атомная энергетика в настоящее время является самой перспективной и эффективной отраслью энергетики. Ядерные материалы и ядерные установки представляют большой интерес для террористических организаций, и как следствие, возникает большая вероятность террористической угрозы, а значит, на объектах атомной отрасли, должны широко рассматриваться вопросы безопасности и нераспространения ядерных материалов. Для решения данных вопросов имеется две основные системы.

Безопасность использования атомной энергии на объектах ядерного топливного цикла обеспечивается, созданной и действующей в России Государственной системой физической защиты. Система физической защиты представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий, проводимых на ядерном объекте, его администрацией, службой безопасности, подразделениями охраны с использованием инженерно-технических средств физической защиты для предотвращения несанкционированных действия на ядерном объекте.

Для решения вопросов нераспространения, на объектах ядерного топливного цикла, материалов имеется система государственного учета и контроля ядерных материалов. Система государственного учета и контроля ядерных материалов является элементом системы государственного регулирования атомной энергетики и предназначена для выполнения таких важных задач, как ведение учетных и отчетных документов, предупреждение и предотвращение несанкционированных действий в отношении ядерного материала.

Целью выпускной квалификационной работы является формирование условий для безопасной эксплуатации атомной станции с реактором РБМК-1000.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ уязвимости гипотетического объекта;

- сформировать и выделить требования к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты и мероприятий в рамках учета и контроля;
- оснастить ВЗ комплексом инженерно-технических средств физической защиты в соответствии с требованиями нормативных документов и анализом уязвимости ядерного объекта;
- осуществить анализ спектральных характеристик неизвестного образцового стандартного источника ионизирующего излучения;
- определить ресурсную, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность исследования.



## **1 Организация систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте**

Для обеспечения безопасности при эксплуатации объектов ядерного топливного цикла на них создаются системы физической защиты, учета и контроля ЯМ. Одной из составляющих, позволяющей реализовывать данные системы на ЯО является системы управления и контроля доступом (СКУД) которая включает в себя комплекс инженерно-технических средств физической защиты.

Элементами государственной системы физической защиты являются:

- федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие управление деятельности ЯО;
- федеральные органы исполнительной власти, принимающие участие в создании, осуществлении и обеспечении, а также совершенствовании физической защиты;
- федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие государственный надзор за ФЗ;
- объекты атомной отрасли – ядерные объекты.

### **1.1 Функционирование систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте**

Под понятием физической защиты подразумевается деятельность в области использования атомной энергии, обеспечивающая безопасное использование и предотвращение несанкционированных действий в отношении ЯМ, ЯУ и ПХ. Для осуществления физической защиты на ядерном объекте должна создаваться система физической защиты, которая включает в себя персонал, осуществляемые им организационно-технические мероприятия, действия и комплекс инженерно-технических средств физической защиты. Эта

система представляет собой единую комплексную систему планирования, координирования, контроля и реализации комплекса технических и организационных мер для осуществления ФЗ [3].

## **1.2 Система физической защиты на ядерном объекте**

Организационно-технические меры, осуществляемые на ЯО, в целях безопасности ЯУ, ПХ и сохранности ЯМ включают в себя СФЗ. Целью СФЗ является предотвращение несанкционированных действий по отношению к ЯМ, ЯУ, ПХ и другим предметам физической защиты на ЯО.

ФЗ на ЯО выполняет следующие задачи:

- предупреждение НСД;
- своевременное обнаружение НСД;
- задержка (замедление) проникновения (продвижения) нарушителя;
- реагирование на НСД и нейтрализация нарушителей для пресечения

НСД.

С целью выполнения задач СФЗ руководство ЯО производит:

- проведение анализа уязвимости;
- оценку последствий НСД в отношении ПФЗ;
- категорирование ПФЗ, помещений, зданий, сооружений, ЯО в целом;
- выделение охраняемых зон и ЗОД;
- определение мест размещения ПФЗ;
- создание системы охраны ЯО;
- разработку требований к СФЗ;
- оценку эффективности СФЗ;
- разработку документов по организации и обеспечению ФЗ ЯО;
- функционирование СФЗ;
- эксплуатацию ИТСФЗ.

Исходя из правил ФЗ, руководство ЯО обеспечивает создание, функционирование и улучшение СФЗ. При условии охраны ядерных объектов внутренними войсками Министерства внутренних дел Российской Федерации или вневедомственной охраной, физическая защита ЯО может осуществляться совместно с руководством воинских подразделений или частей, а при необходимости – и с привлечением специализированных организаций.

Для обеспечения функционирования СФЗ на объекте органами, осуществляющими управление системой физической защиты, производится комплекс мер для достижения цели и решения задач СФЗ, мероприятия, проводимые на ЯО являются частью деятельности по обеспечению физической защиты объекта в соответствии с требованиями нормативных правовых актов. Так же разрабатываются нормативные документы объектового уровня, с учетом всех особенностей функционирования ЯО [1].

### **1.2.1 Категорирование предметов физической защиты**

Категорирование на ЯО проводится для выполнения основных задач СФЗ. Предметами категорирования являются:

- предмет физической защиты;
- ядерный объект;
- помещения, сооружения, отдельные территории ЯО, в которых размещается ПФЗ, размещается и эксплуатируется ЯУ, пункт хранения, используется или хранится ЯМ.

Для того что бы создать требования к системе физической защиты, обеспечение защиты от возможных угроз и моделей нарушителей, производится категорирование ПФЗ. При категорировании ПФЗ учитываются следующие показатели:

- категория последствий несанкционированного действия;
- степень секретности ПФЗ;

- категория ЯМ;
- наличие значимого количества ядерного материала.

Степень секретности предмета физической защиты имеет 3 степени (расположены в порядке важности):

- секретно (С);
- совершенно секретно (СС);
- особой важности (ОВ).

Категория ЯМ определяется видом изотопа, его содержанием, степенью облучения и массой ЯМ.

Категория мест размещения и хранения ПФЗ определяться исходя из максимальной категории находящихся в них отдельных ЯМ, с учетом последствий НСД в отношении ПФЗ и степени секретности.

В соответствии с установленными категориями ПФЗ выделяют следующие категории ЯО:

- I категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории А;
- II категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории Б, не являющиеся ЯО I категории;
- III категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории В или Г, не являющиеся ЯО I и II категории;
- IV категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории Д, не являющиеся ЯО I - III категории [5].

### **1.2.2 Организация системы охранной сигнализации внутри помещений**

Одним из методов обеспечения нераспространения, а в частности кражи, диверсии и других несанкционированных действий относительно ядерных материалов, используются охранные сигнализации на ядерных объектах.

Охранная сигнализация — это сложный комплекс технических средств. Эти комплексы входят в сложную систему физической защиты объекта.

Главная задача охранной системы состоит в оперативном и гарантированном извещении службы охраны о несанкционированном проникновении в охраняемые помещения. Для достижения безотказной и эффективной работы следует использовать новые устройства и системы сигнализации, которые все время совершенствуются.

Охранные сигнализации по типу размещения можно разделить на два вида: используемые внутри помещения и вне его. В данном пункте рассмотрим устройство, состав и предназначение сигнализации, которые используются для охраны внутри помещения.

Система охранной сигнализации внутри помещений, которая входит в систему физической защиты объекта, выполняет функции предупреждения и обнаружения несанкционированных действий, происходящих в помещениях.

Любая система охранной сигнализации состоит из датчиков, которые непосредственно контролируют охраняемую зону, а в случае тревоги выдают электрический сигнал, приемно-контрольных устройства, которые обрабатывают этот сигнал с помощью встроенных микропроцессоров и определяют все дальнейшие действия (включение сирены или автодозвона и т.п.), а также исполнительных устройств, к которым относятся звуковые или световые оповещатели, блоки индикации, принтеры для распечатки протокола событий и т.п. Обычно все датчики объединяются в зоны, когда какой-либо объект или часть объекта контролирует группа датчиков.

В зависимости от масштаба задач, которые решает охранная сигнализация, в ее состав входит оборудование четырех основных категорий:

– оборудование централизованного управления охранной сигнализацией (например, центральный компьютер с установленным на нем ПО для управления охранной сигнализацией; в небольших системах охранной сигнализации задачи централизованного управления выполняет охранная панель);

- оборудование сбора и обработки информации с датчиков охранной сигнализации: приборы приемно-контрольные охранные (панели);
- сенсорные устройства-датчики и извещатели охранной сигнализации;
- исполнительные устройства (световые сигнализации и сирены).

Извещатели, применяемые в системах охранных сигнализаций различаются по типу обнаруживаемых тревожных событий:

Основные:

- на движение;
- на открытие;
- на разбитие стекла.

Дополнительные:

- Акустические;
- Вибрационные;
- Тревожные кнопки.

Для получения и обработки извещений охранная сигнализация использует различные типы приемно-контрольной аппаратуры: центральные станции, контрольные панели, приборы приемно-контрольные. Данная аппаратура отличается информационной емкостью-количеством контролируемых шлейфов сигнализации и степенью развития функций управления и оповещения. Различают контрольные панели охранной сигнализации для малых, средних и больших объектов.

Также среди оборудования для охранной сигнализации выделяют системы передачи извещающей информации. Они представлены совокупностью технических средств, которые позволяют передавать информацию на централизованные пульта управления. С помощью устройств этой системы можно передавать команды о взятии или снятии объекта с охраны. Пульты централизованного управления устанавливаются на постах охраны, которые получают уведомление о возникновении тревожной ситуации.

Исполнительные устройства – агрегаты, которые обеспечивают выполнение заданного алгоритма действий системы в ответ на то или иное тревожное событие. Исполнительные устройства активируются при приеме сигнала от приемно-контрольного прибора. Обычно сигнал от ПКП включает светозвуковое устройство (сирену). Исполнительные устройства могут подключаться как непосредственно к плате централи, так и через специальные модули.

На каждом ядерном объекте имеется охрана защищенной зоны, и для того что бы начала действовать система охраны внутри помещений нужно сначала преодолеть внешнюю. Исходя из этого можно сделать вывод, что охранные системы внутри помещения предназначены в основном для обнаружения несанкционированных действий персонала (внутреннего нарушителя), который имеет доступ на ядерный объект [10].

### **1.3 Процедуры учет и контроль ядерных материалов на предприятии**

На каждом предприятии, обладающем ЯМ, обязательной частью является учет и контроль ядерных материалов. Под учетом ЯМ понимается определение фактически наличных количеств ЯМ на предприятии, для сего организуется комплекс мер и технических средств. Система учёта и контроля ЯМ обеспечивает непрерывный доступ к информации о наличном количестве ЯМ и месте их расположения [6].

«Основные правила учета и контроля ядерных материалов» (ОПУК) (НП-030-12) является главным нормативным документом, который устанавливает требования и критерии учета и контроля ЯМ. Эти правила обязательны для всех лиц, осуществляющих деятельность с ЯМ. ОПУК так же устанавливает перечень и минимальное количество для ЯМ, которые подлежат учету и контролю [4].

Система УиК ЯМ предполагает контроль администрации объекта за наличием и перемещением ЯМ с целью вления учетных и отчетных документов, регистрации ЯМ, определения наличного количества в местах хранения и исключения несанкционированного использования.

Система учета и контроля выполняет следующие задачи:

- определение фактического наличного количества ядерных материалов в местах их расположения;
- ведение регистра, составление учетных и отчетных документов;
- контроль и предотвращение несанкционированного использования и хищения ядерных материалов, а также учет возможных потерь;
- предоставление органам власти информации о наличии и перемещении ядерных материалов [2].

Для решения задач, стоящих перед СУиК, используются следующие элементы:

- установление персональной ответственности за организацию и ведение учета и контроля ядерных материалов;
- деление ядерных материалов на категории;
- регистрация изменений инвентарного количества ядерных материалов;
- ведения материально-балансовых, учетных и отчетных документов по зонам баланса материалов и ключевым точкам измерений;
- проведения проверок имеющегося в наличии количества ядерных материалов с подведением баланса и определением инвентаризационной разницы в ЗБМ;
- анализа данных об учете и контроле ядерных материалов;
- принятия мер по контролю доступа к ядерным материалам и наблюдению за ядерными материалами;
- незамедлительного расследования фактов утраты, хищения или несанкционированного использования ядерных материалов.



Учету и контролю, согласно НП 030-12, в качестве ЯМ подлежат следующие химические элементы: плутоний, уран, торий; нуклиды: уран-233, уран-235, нептуний-237, америций-241, америций-243, калифорний-252 и специальные неядерные материалы:

- дейтерий, содержащийся в тяжелой воде, если его относительное изотопное содержание превышает 50 % (атомных долей), за исключением дейтерия, содержащегося в тяжелой воде, находящейся в ядерных реакторах, критических и подкритических стендах, а также на установках по получению и детритизации тяжелой воды;

- тритий во всех соединениях, если отношение числа атомов трития к числу атомов других изотопов водорода (дейтерия и протия) более 1000;

- литий-6 в любых соединениях, если содержание лития-6 в литии превышает его природную распространенность.

ЯМ, указанные выше, подлежат учету и контролю независимо от вида химических соединений и агрегатного состояния.

Учету и контролю подлежат ЯМ, содержащиеся во всех продуктах, за исключением:

- урана и тория, содержащихся в руде, а также в промежуточных продуктах, перерабатываемых на горно-металлургических предприятиях (учету на этих предприятиях подлежат уран и торий, содержащиеся в готовом продукте - оксиде или соли урана, тория);

- ЯМ, содержащихся в ЗРИ, если по паспортным данным суммарная масса ЯМ в единичном ЗРИ не превышает минимальное количество;

- обедненного урана, используемого в качестве носителя изотопов водорода, а также содержащегося в защитных контейнерах транспортных упаковочных комплектов, радиационных головках гамма-дефектоскопов, облучательных головках гамма-терапевтических аппаратов, транспортно-перезарядных контейнерах и других подобных им специфических изделиях, применяемых для радиационной защиты;

– урана-233, нептуния-237, америция-241, америция-243, калифорния-252 в облученных продуктах, а также америция-241 в плутонийсодержащих продуктах;

– ЯМ, содержащихся в РАО и находящихся в хранилищах РАО, из которых невозможно их возвращение в основной технологический процесс без специальных организационно-технических мероприятий.

Для обеспечения безопасности, согласно НП-030-12 «Основные правила учета и контроля ядерных материалов», на объектах с ЯМ необходима использовать СКУД.

Учет ядерных материалов производится на основе результатов учетных измерений параметров ЯМ, которые в свою очередь регистрируются в виде учетных данных.

Функционирование системы учета и контроля ядерных материалов, аналогично с СФЗ, регулируется нормативно-правовой базой, определяющей правила мероприятий учета и контроля и общую структуру на предприятии [4].

## 2 Описание объекта

Предоставленный в задании ядерный объект представляет собой гипотетическую атомную электростанцию, которая предназначена для выработки электрической энергии. В качестве ядерной установки на АЭС используется реактор большой мощности канальный (РБМК-1000). Основной особенностью реактора является возможность перегрузки топлива без остановки реактора, так же данный ректор не имеет единого защитного корпуса, что позволяет применять различные технические решение при проектировании.

Проезд автомобилей на объект производится через автомобильный контрольно-пропускной пункт (АКПП) расположенный на северной стороне объекта. Рядом с АКПП располагается людской контрольно-пропускной пункт, через который производится проход людей на предприятие. Для проезда поездов, используемых для перевозки топлива, на объекте имеется железная дорога, а также ЖДКПП которое располагаются южной стороне объекта. Также на территории объекта имеется технологический водоем, необходимый для работы реактора. Генеральный план объекта представлен в приложении А.

Характеристики ЯМ, имеющихся на объекте:

- полная загрузка реактора: 190 т;
- характеристики ТВЭЛ: диаметр - 13.9мм, длинна – 3.5м;
- количество ТВЭЛов в одной ТВС: 16 шт.;
- количество ТВС в одном канале: 2шт.;
- делящийся изотоп:  $U^{235}$ ;
- химическая форма топлива:  $UO_2$ ;
- обогащение: 2,5%;
- категория ЯМ: III;
- места хранения: хранилище свежего топлива, хранилище ОЯТ.

Для хранения свежего топлива имеются хранилища, в которых СТВС находятся в контейнерах. Для хранения ОЯТ на АЭС имеется приреакторный бассейн выдержки для хранения отработанных ТВС.

## **2.1 Описание технологических процессов на ядерном объекте**

Под технологическими процессами следует понимать все процедуры, проводимые с ЯМ на объекте с момента поступления их на территорию объекта и до момента, когда ЯМ покинут ее.

Технологические процессы:

- 1) Получение ТУК со свежим топливом в ТВС;
- 2) Разгрузка ТУК;
- 3) Разукомплектация ТУК;
- 4) Укомплектация в чехлы для свежего топлива;
- 5) Хранение;
- 6) Транспортировка в помещение перегрузки при ректоре;
- 7) Загрузка свежих ТВС в реактор;
- 8) Выгрузка отработанных ТВС из реактора и перемещение в бассейн выдержки;
- 9) Очехловывание отработанных ТВС;
- 10) Укомплектация в ТУК;
- 11) Отправка.

На АЭС топливо прибывает по средству железнодорожного пути, на поездах, в специализированных контейнерах (ТУКах) с предприятия по производству ядерного топлива. Все перемещения ЯМ по территории АЭС строго контролируется. Потоки ЯМ, в виде блок-схемы на объекте представлены на рисунке 2.1.

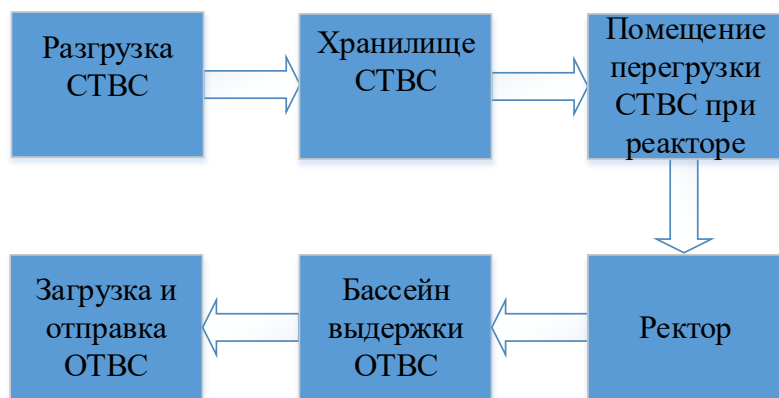


Рисунок 2.1 – Блок-схема потоков ЯМ на объекте

### 2.1.1 Описание процессов обращения ядерных материалов

На рисунке 2.2 стрелками показана схема перемещения ЯМ в производственных помещениях. Свежее топливо прибывает на станцию спецэшеленом, находится в ТВС которые расположены в сертифицированных ТУКах, предназначенных для транспортировки свежего топлива. Далее проводится проверка ТУК и поезда, а также сверка пломб, сопроводительных документов. На первом этапе происходит разгрузка ТУКов с поезда в место их разукomплектации 5, далее поступившие СТВС комплектуются в контейнеры по 20 штук и перемещаются в хранилище для свежего топлива 4. Следующим этапом является перемещение контейнеров в перегрузочное помещение для СТВС 3, из которого СТВС по средством РЗМ помещаются в реактор, а ОТВС при помощи той же РЗМ изымаются из реактора и помещаются в бассейн выдержки 6, в котором хранятся в течении 3-х лет под слоем воды с содержанием бора необходимой для отвода температуры от ТВС и радиационной защиты. По истечению срока хранения, ОТВС изымаются из бассейна выдержки и укомплектовываются в ТУК 7, далее производится их погрузка на поезд и спецэшеленом происходит их отправка на заводы по регенерации топлива.

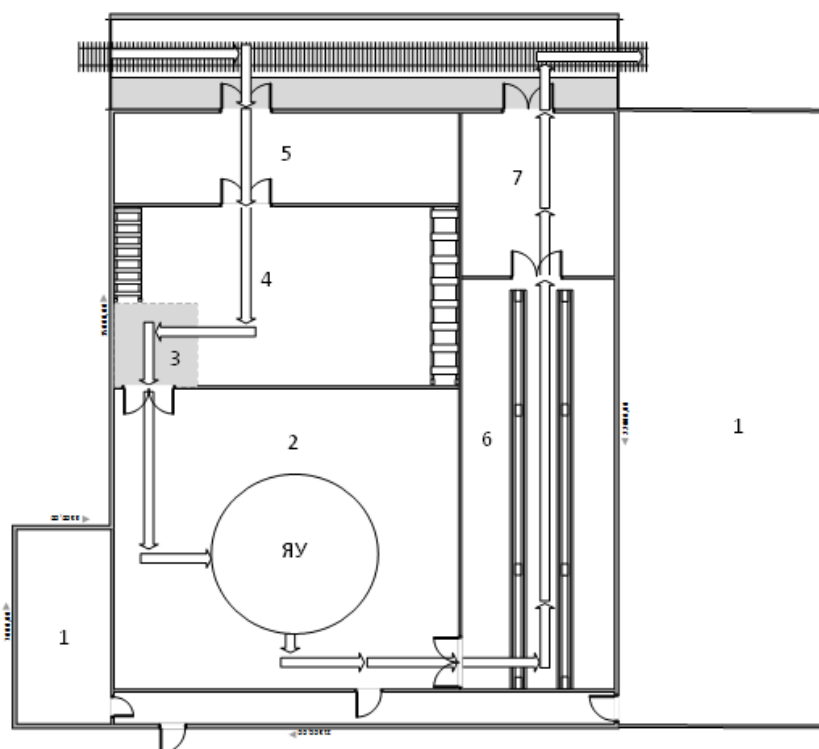


Рисунок 2.2 – Потоки ЯМ на объекте 1-технологические помещения; 2-реакторное помещение; 3-помещение перегрузки свежего топлива; 4-хранилище свежего топлива; 5-пункт разукomплектации ТУК; 6-бассейн выдержки отработанного топлива; 7-пункт укomплектации ТУК с ОТВС.

### 2.1.2 Проведение анализ уязвимости объекта

Анализ уязвимости — необходимый этап в создании эффективной системы охраны. По его результатам разрабатываются проектные варианты технических комплексов безопасности. Анализ уязвимости объекта проводится с целью определения возможных последствий воздействия нарушителей на элементы объекта, оценки показателей уязвимости объекта (эффективности охраны), выявления слабых мест и недостатков существующей системы охраны или рассматриваемых проектных вариантов системы, а в итоге - выбора наилучшего варианта системы охраны для конкретного объекта.

Порядок проведения анализа уязвимости ядерного объекта устанавливается ведомственными или межведомственными нормативными

правовыми актами. При подготовке отчета по анализу уязвимости ядерного объекта рекомендуется также учитывать требования нормативных правовых актов органа управления использованием атомной энергии и документов эксплуатирующей организации, определяющих порядок и содержание анализа уязвимости ядерного объекта.

Анализ уязвимости объекта включает:

- разработку модели нарушителей;
- выделение и категорирование особо важных зон объекта;
- оценку показателей уязвимости;
- определение слабых мест и недостатков в системе охраны [3].

Исходя из задания, угрозой является диверсия относительно ЯМ. На основании этого делаем вывод, что наиболее уязвимым местом объекта является хранилище ОТВС.

При создании системы физической защиты на объекте, одним из этапов является проведение категорирование ПФЗ и ЯО. На данном объекте к ПФЗ относятся ТВС со свежим топливом и ОТВС. Категорирование проводилось в соответствии с ПП №456 [5].

Результаты категорирования ПФЗ представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты категорирования ПФЗ

		Категория	ПФЗ	Расположение
ЯМ в виде ОТВС	ЯМ	II	Б	ВЗ
	ПНСД	II		
	Степень секретности	Секретно		

### 2.1.3 Разработка модели нарушителя

Для того что бы сформировать требования к СФЗ и оценить ее эффективность необходима модель нарушителя. Модель нарушителя включает в себя набор качественных и количественных характеристик.

Согласно методическим рекомендациям по проведению АУ на ЯО выделяют 5 типов нарушителей [7]:

Таблица 2.2 – Типы нарушителей

Угроза	Внешняя	<b>Внешний нарушитель 1 категории</b>	<b>Группа уголовных элементов, скрытная тактика действий</b>
		Внешний нарушитель 2 категории	Диверсионно-террористическая группа, насильственная тактика действий
	Внутренняя	Внутренний нарушитель 1 категории	Обслуживающий персонал ЯО, скрытная тактика действий
		Внутренний нарушитель 2 категории	Персонал, имеющий доступ к ПФЗ, скрытая тактика действий
		Внутренний нарушитель 3 категории	Сотрудник СФЗ, скрытая тактика действий
		комбинированная	

Параметры модели нарушителя для данного ЯО:

- внешний нарушитель 1 категории;
- цель: диверсия в хранилище ОЯТ;
- мотивация: идеологическая;
- количество нарушителей: 4;
- уровень осведомлённости о ЯО: высокий – о расположении ПФЗ на территории ЯО, а также общий уровень осведомленности об СФЗ, основанный на ее визуальном изучении и информации, полученной от лица из числа персонала ЯО;
- тактика действий: комбинированная (обманная, насильственная).

Сценарий действий: группа внешних нарушителей, в составе 4-х человек, под видом ремонтной бригады, по поддельным документам, проникают на объект, так же под видом ремонтного оборудования и инструментов проносят взрывчатые вещества, далее группа продвигается к хранилищу ОЯТ, где двое из нарушителей, закладывают взрывчатку, с целью повреждения оборудования,



осуществляющего подачу воды для охлаждения (в результате чего происходит значительное повышение температуры в хранилище), а также для разрушения стенок бассейна выдержки, а ещё двое продвигаются в технологическое помещение, и закладывают взрывчатые вещества в систему охлаждения реактора. Далее нарушители не покидают объект, стараясь нанести максимальный ущерб ценой своей жизни.

Маршрут продвижения нарушителей представлен на рисунке 2.3.

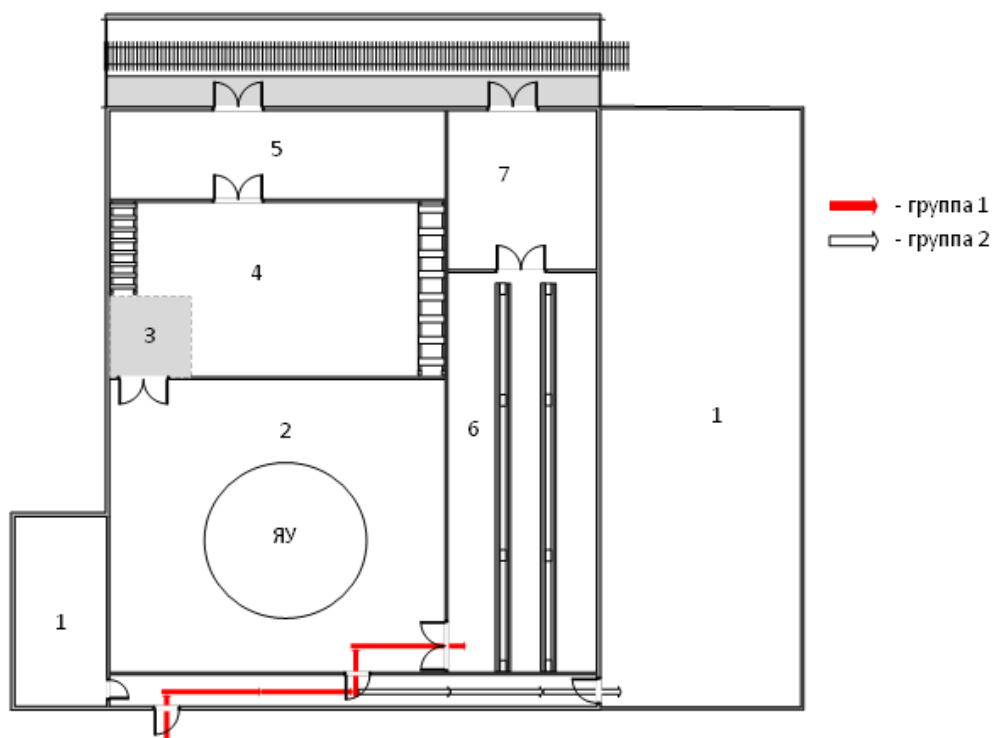


Рисунок 2.3 – Маршрут передвижения нарушителей

## 2.2 Проведение измерений характеристик ядерных материалов

Обеспечение безопасности ядерных материалов требует соответствующих условий обращения с ними. Эти условия являются результатом применения специально разработанных мер.

Для того, чтобы обеспечить безопасное обращение с ядерными материалами нужно обеспечивать сохранность и непрерывность знаний о ядерном материале. Выполнение данных требований может быть достигнуто

соблюдением двух факторов, а именно учет и контроль, и физическая защита ядерных материалов. Самым опасным действием, которое может возникнуть в следствие несоблюдения вышеприведённых является хищение ядерных материалов и его дальнейшее несанкционированное использование.

### **2.2.1 Описание методов проведения измерений характеристик ЯМ**

Для определения количественного и качественного состава ядерного материала применяется два метода, а именно разрушающий и неразрушающий анализ. Неразрушающий анализ используется для измерения самопроизвольного излучения, испускаемого ядерным материалом и не требует изменения химического или физического состояния образца.

Одним из методов неразрушающего анализа ядерных материалов является гамма-спектрометрия. Гамма-спектрометрия на данный момент считается самым эффективным из методов неразрушающего анализа ядерных материалов. Так же данный вид метод может применяться и в разрушающем анализе. Высокая эффективность и популярность достигается в следствии таких свойств как: возможность измерения активности и массы радиоизотопов и собственно сама возможность точного определения изотопного анализа образца, содержащего смесь радионуклидов.

Перечисленные преимущества гамма-спектрометрического анализа, являются следствием свойств гамма-излучения, а именно:

- возникает при распаде большинства известных радионуклидов;
- обладает высокой проникающей способностью;
- обладает дискретным спектром.

Гамма-спектрометр, прибор для измерения спектра гамма-излучения. В большинстве  $\gamma$ -спектрометров энергия и интенсивность потока  $\gamma$ -квантов определяются не непосредственно, а измерением энергии и интенсивности потока вторичных заряженных частиц, возникающих в результате

взаимодействия  $\gamma$ -излучения с веществом. Для измерения спектров  $\gamma$ -излучения применяют несколько типов  $\gamma$ -спектрометров и большое число методов грубой оценки спектров  $\gamma$ -излучения [11].

Основными характеристиками  $\gamma$ -спектрометра являются разрешающая способность и эффективность которые выражаются в процентах. Эффективность определяется вероятностью образования вторичной частицы и вероятностью её регистрации. Под разрешением  $\gamma$ -спектрометра понимается возможность разделения двух  $\gamma$ -линий, близких по энергии. Разрешение характеризует точность, с которой  $\gamma$ -спектрометр измеряет энергию  $\gamma$ -кванта. В состав  $\gamma$ -спектрометра входит коаксиальный детектор из особо чистого германия фирмы Canberra. Германиевые детекторы имеют небольшую ширину запрещенной зоны носителей заряда для должны охлаждаться, чтобы уменьшить тепловое образование носителей заряда до приемлемого для измерений уровня.

Для достижения высокого качества результатов проводится калибровка аппаратуры с использованием рабочих эталонов, независимые повторные измерения образцов для исключения случайных погрешностей анализа, а также сравнение с другими методами.

### **2.3 Вопросы организации СУиК ЯМ на ЯО**

Учет и контроль ЯМ должен поддерживаться мерами по сохранению и (или) подтверждению имеющейся информации о ЯМ. Эти меры должны включать организационные мероприятия, СКД, а также их комбинации и обеспечивать непрерывный контроль доступа к ЯМ. Учет и контроль ЯМ должен поддерживаться также физической защитой ЯМ, ядерных установок и пунктов хранения ЯМ, включая контроль доступа персонала в помещения, где находятся ЯМ [1].

### 2.3.1 Категорирование ЯМ

Категорирование ЯМ на объекте проводится для определения опасности данного материала и исходя из этого организация ФЗ объекта, определение периодов ФИ, меры безопасности по работе с ЯМ.

Согласно ПП №456 свежее топливо на данной АЭС относится к 3 категории, ОТВС относятся к 2 категории, так как обогащение топлива для ректора типа РБМК-1000 составляет 2.4%.

### 2.3.2 Организация зон баланса материалов

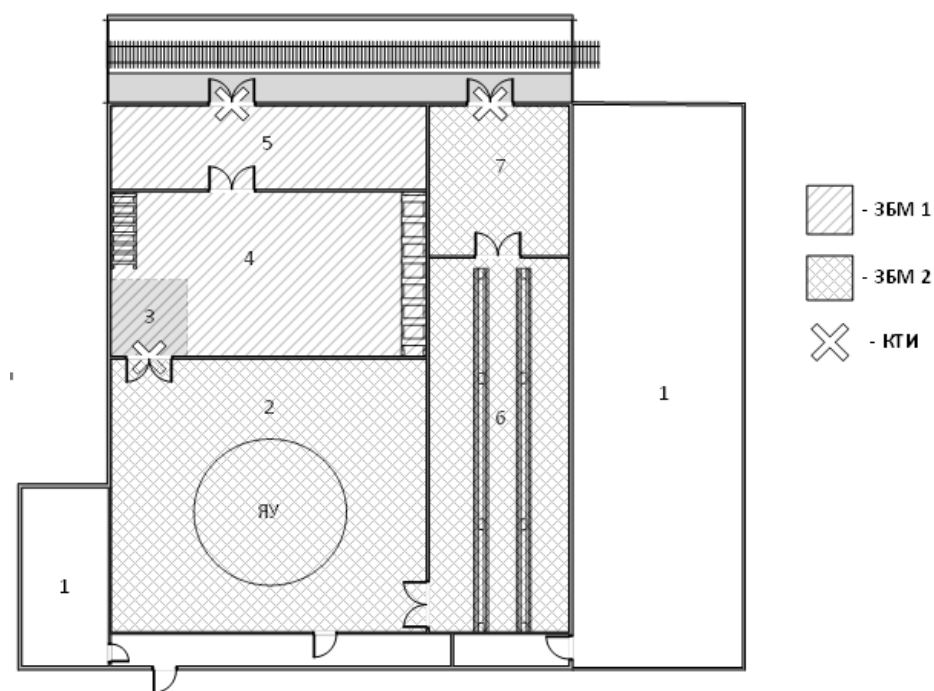


Рисунок 2.4 – Зоны баланса материалов 1-технологические помещения; 2-реакторное помещение; 3-помещение перегрузки свежего топлива; 4-хранилище свежего топлива; 5-пункт разуконплектацки ТУК; 6-бассейн выдержки отработанного топлива; 7-пункт укомплектацки ТУК с ОТВС.

ЗБМ на объекте выбирались исходя из требований НП-081-07 [12]. Схема расположения ЗБМ изображена на рисунке 2.4.

В ЗБМ 1 входит хранилище СТВС и пункт разукomплектации ТУКов с СТВС поступающих с завода. После разукomплектации СТВС помещаются в контейнеры по 10 штук, производится пломбировка и отправка в хранилище, а также помещение перегрузки для свежего топлива, в котором хранится 1 контейнер с СТВС и из данного бассейна происходит захват СТВС РЗМ и погрузка их в реактор.

В ЗБМ 2 входит непосредственно ректор, бассейн выдержки отработанных ТВС и пункт укomплектации ТУК с ОТВС.

На каждом технологическом входе\выходе ЗБМ имеется КТИ, в котором производится определение фактически наличного количества, что исключает пронос ЯМ без его измерения и документирования.

## **4 Финансовый менеджмент**

### **4.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Данный проект представляет собой разработку оснащения для обеспечения безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции с реактором большой мощности канальным. Результатом работы будет являться проект объекта, оснащенный системами безопасности, из этого можно сделать вывод, что к основному потребителю данного проекта можно отнести государственную корпорацию «Росатом», которая может использовать его при построении и оснащении объектов атомной промышленности.

### **4.2 Технология QuaD**

Технология представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки, ее перспективность на рынке и позволяет принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- Показатели оценки коммерческого потенциала разработки;
- Показатели оценки качества разработки.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Для упрощения процедуры проведения QuaD рекомендуется оценку проводить в табличной форме, приведённой ниже, в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Помехоустойчивость	0,3	98	100	0,98	29,4
2. Надежность	0,25	99	100	0,99	24,65
3. Унифицированность	0,05	0	100	0	0
4. Простота эксплуатации	0,05	50	100	0,5	2,5
5. Ремонтопригодность	0,15	100	100	1	15
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
6. Конкурентоспособность продукта	0,05	90	100	0,9	4,5
7. Цена	0,15	70	100	0,7	10,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>507</b>	<b>700</b>	<b>5,07</b>	<b>86,1</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя  $P_{cp}$  получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 59 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая. Как видно из анализа по технологии QuaD, данное исследование составило 90,5 баллов, что говорит о перспективности разработки. Исходя из значения показателя качества и перспективности научной разработки, которая равна 86,1, данная разработка является перспективной.

### 4.3 SWOT-анализ

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

Данный анализ проводится в несколько этапов.

Первый этап включает в себя следующие пункты:

– Сильные стороны. 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;

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



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

– **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляются в табличной форме (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Высокий уровень надежности. С2. Обеспечивает высокую степень безопасности объекта. С3. Имеется гарантированный потребитель	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Высокая стоимость оборудования. Сл2. Необходимость обучения персонала.
<b>Возможности:</b> В1. Отсутствие конкурентов. В2. Индивидуальный подход при построении систем.	Индивидуальный подход при построении системы безопасности приводит к увеличению ее эффективности	В связи с индивидуальным подходом возникает высокая стоимость оборудования и необходимость обучения персонала.
<b>Угрозы:</b> У1. Террористические атаки. У2. Диверсии, не имеющие возможности отслеживания. У3. Внутренние нарушители	Данная система обеспечивает высокую защиту от внешнего нарушителя, терроризма, но обеспечить защиту от внутренних нарушителей\персонала довольно сложно.	Высокая стоимость (как следствие, хорошее оборудование) и хорошо обученный персонал обеспечивают надежную защиту от внешних угроз.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT.

Ниже, в таблицах 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 представлены интерактивные матрицы проекта.

Таблица 4.3 – Сильные стороны проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	-	-	0
	B2	+	+	0

Таблица 4.4 – Слабые стороны проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	-
	B2	+	-

Таблица 4.5 – Сильные стороны проекта

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	У1	+	+	-
	У2	-	+	-
	У3	-	+	-

Таблица 4.6 – Слабые стороны проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	У1	0	0
	У2	0	0
	У3	0	+

Проведя анализ сильных сторон проекта были выделены такие достоинства как использование высококачественного оборудования и хорошо обученного персонала, что обеспечивает высокий уровень надежности. Так же к достоинствам можно отнести наличие гарантированного потребителя в связи с чем проект является перспективным.

#### 4.4 Планирование научно-исследовательских работ

##### 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 могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение плана проекта	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение литературы по теме «Обеспечение безопасности на объектах ядерной отрасли»	Руководитель, Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
	4	Календарное планирование	Руководитель

Продолжение таблицы 4.7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов активности неизвестной пробы	Бакалавр
	6	Категорирование ядерного материала на основании расчетов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	8	Определение целесообразности проведения подтверждающих экспериментов	Бакалавр, Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка и выполнение чертежей	Бакалавр
	10	Выбор и расчет системы	Бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения проектируемой системы	Руководитель, Бакалавр
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Бакалавр

### 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:

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

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.

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1,4$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4)$$

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

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

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

### **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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

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.

$$T_{ki} = 1.22 * 1.4 = 1.7$$

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1.22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа, значит:

$$T_{ki} = 1.2 * 1.4 = 1,68 \sim 2$$

Все значения, полученные при расчетах по вышеприведенным формулам, были сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожг}}$ , чел-дни					
	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р	Б	Р
1. Составление и утверждение плана проекта	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
2. Подбор и изучение литературы по теме «Обеспечение безопасности на объектах ядерной отрасли»	3	1	5	2	3,8	1,4	1,9	0,7	2	1

Продолжение таблицы 4.8 – Временные показатели проведения научного исследования

3. Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,4	1,4	0,7	0,7	1	1
4. Календарное планирование работ	-	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	2
5. Проведение теоретических расчетов активности неизвестной пробы	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	7	-
6. Категорирование ядерного материала на основании расчетов	5	-	7	-	5,8	-	5,8	-	7	-
7. Оценка эффективности полученных результатов	-	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2
8. Определение целесообразности проведения подтверждающих экспериментов	2	1	5	2	3,2	1,4	1,6	0,7	2	1
9. Разработка и выполнение чертежей	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	2	-
10. Выбор и расчет системы	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	6	-
11. Оценка эффективности производства и применения проектируемой системы	2	1	3	1	2,4	1	1,2	0,5	1	1
12. Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	4	-	6	-	4,8	-	4,8	-	6	-

На основе полученных выше расчетов строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работы в рамках научно-исследовательского проекта и представлен в таблице 4.9 с разбивкой по месяцам и неделям за период времени дипломирования.

При этом работы на графике выделяется различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Таблица 4.9 – Календарный план-график

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ			
				май			
				1	2	3	4
1	Составление и утверждение плана проекта	Р	2				
2	Подбор и изучение литературы по теме «Обеспечение безопасности на объектах ядерной отрасли»	Р, Б	1 2				
3	Выбор направления исследований	Р, Б	1 1				
4	Календарное планирование работ	Р	2				
5	Проведение теоретических расчетов активности неизвестной пробы	Б	7				
6	Категорирование ядерного материала на основании расчетов	Б	7				
7	Оценка эффективности полученных результатов	Р	2				
8	Определение целесообразности проведения подтверждающих экспериментов	Р, Б	1 2				
9	Разработка и выполнение чертежей	Б	2				
10	Выбор и расчет системы	Б	6				
11	Оценка эффективности производства и применения проектируемой системы	Р, Б	1 1				
12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Б	6				

– Бакалавр

– Руководитель



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

### Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (7)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> 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 занесены в таблицу 10.

Расчет Материальных затрат представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
1. Программное обеспечение	шт.	1	3000	3000
Итого				3000

Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования.

Работа проводилась на ноутбуке. Для работы потребовалось 170.4 часов, потребляемая мощность 100Вт\час, а, следовательно, 17 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C = C_{эл} * P * F_{об} = 5,8 * 17 = 98,6 \text{ (8)}$$

где  $C_{эл}$  – тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб. за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

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

Таблица 4.11 – Накладные расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_m$ ), руб.
1. Электроэнергия	кВт	17	5,8	99
2. Доступ в интернет	месяц	1	300	300
Итого			399	

### Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы включает расчет оплаты руководителя и студента-исполнителя. 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. Данные по заработной плате приведены в таблице 12.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле :

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (13)$$

где,  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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.

$$Z_{\text{дн}} = \frac{30244,32 \cdot 10,4}{251} = 1253,15 \text{ – для руководителя}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{12861,63 \cdot 10,4}{251} = 532,91 \text{ – для студента}$$

Баланс рабочего времени представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52	52
– выходные дни	14	14
– праздничные дни		
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot k_p, \quad (14)$$

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,32	1253,15	7,2	9022,68
Бакалавр	9893,56	1,3	12861,63	532,91	28,4	15134,64

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

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем

подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей; иные выплаты; районный коэффициент.

## Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (16)$$

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

В соответствии с Федеральным закона 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 – 27,10%.

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	9022,68
Бакалавр	15134,64
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого	6546,64

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	3000
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	28988,78
3. Отчисления во внебюджетные фонды	6546,64
4. Накладные расходы	399
5. Бюджет затрат НИИ	38934,42

### 4.2 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (17)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – 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).

Для сравнения и оценки эффективности предлагаемого проекта был выбран аналогичный проект «Обеспечение безопасности при работе с ядерными материалами на ректоре РБМК». Бюджет затрат на аналогичный проект приведен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Расчет бюджета затрат НТИ для аналогичного проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	606
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	45861,45
3. Отчисления во внебюджетные фонды	14106,29
4. Накладные расходы	2892,6
5. Амортизация	1617,53
6. Бюджет затрат НТИ	71275,17

$$I_{\text{финр}}^{\text{проект}} = \frac{\Phi_{\text{р1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{38934,42}{71275,17} = 0,55$$

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (18)$$

где,  $I_{\text{pi}}$  – 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.

Сравнительная оценка характеристик предлагаемого проекта и аналогичного проекта представлена в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Аналог	Предлагаемый проект
1. Надежность технических систем	0,1	4	4
2. Безопасность эксплуатации	0,3	5	4
3. Энергетическая мощность	0,2	5	4
4. Сложность реализации	0,2	5	3
5. Ремонтпригодность оборудования	0,05	3	5
6. Конкурентоспособность проекта	0,15	4	3
ИТОГО	1	26	23



$$I_{p\text{-аналог}} = 4 * 0,1 + 5 * 0,3 + 5 * 0,2 + 5 * 0,2 + 3 * 0,05 + 4 * 0,15 = 4,65$$

$$I_{p\text{-проект}} = 4 * 0,1 + 4 * 0,3 + 4 * 0,2 + 3 * 0,2 + 5 * 0,05 + 3 * 0,15 = 7,1$$

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

$$I_{\text{аналог}} = \frac{4,65}{0,7} = 6,6,$$

$$I_{\text{проект}} = \frac{7,1}{0,7} = 10,1 \quad (19)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{проект}}}{I_{\text{аналог}}} = \frac{10,1}{6,6} = 1,53$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{аналог}}}{I_{\text{проект}}} = \frac{6,6}{10,1} = 0,65 \quad (20)$$

Таким образом можно сделать вывод о том, что предлагаемый проект является наиболее эффективным по сравнению с его аналогом.