

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

Институт Физико-технический

Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии

Кафедра Физико-энергетические установки

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на заводе по изготовлению топливных элементов</b> УДК 621.039.53/.54:621.039.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АЗГ	Ан Юлиан Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	Доцент каф. ФЭУ ТПУ		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры 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		

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

<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	Ан Юлиан Юрьевич

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2016

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– производственное предприятие по изготовлению тепловыделяющих сборок;</li><li>– план объекта;</li><li>– требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта и технологического процесса;</li><li>– угроза: хищение</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 сценариев совершения несанкционированных действий;</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- мероприятия в рамках систем учета и контроля ЯМ (выделение объекта зон исходя из требований организации охраняемых зон а 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>	08.05.17
--	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	Доцент каф. ФЭУ		08.05.17

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Г	Ан Юлиан Юрьевич		08.05.17

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А3Г	Ан Ю.Ю.

<b>Институт</b>		<b>Кафедра</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 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>1.Стоимость расходных материалов 716 руб 2.Зарботная плата у руководителя 26300 руб и у инженера 1 разряда 9893 руб</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>1.Тариф на промышленную электроэнергию 5,8 руб за 1 кВтч 2.Амортизация 20%</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>1.Отчисления во внебюджетные фонды (27,1%) 2.Расчет дополнительной заработной платы (12%) 3.Районный коэффициент 30%</i>

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

<i>1. Планирование потребности в человеческих ресурсах</i>	<i>1.Оценка количества и качества сотрудников 2.Характеристика управленческого и производственного персонала</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета на разработку и внедрение инженерных решений</i>	<i>1.Структура работ в рамках оснащения КИТС ФЗ объекта 2.Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения работ 3.Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерно-технических решений и расчет материальных затрат</i>
<i>3. Конкурентный анализ экономической эффективности фирм-подрядчиков</i>	<i>1.Определение интегрального финансового показателя 2.Определение интегрального показателя ресурсоэффективности 3.Определение интегрального</i>

	<i>показателя эффективности</i>
--	---------------------------------

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

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

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент кафедры менеджмента 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	Ан Ю.Ю.		



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А3Г	Ан Юлиан Юрьевич

Институт	ФТИ	Кафедра	ФЭУ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Ядерная физика и технологи

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

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</li> </ul>
<i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> <li>– требования охраны труда при работе на ПЭВМ.</li> </ul>

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

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные).</li> </ul>
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	К.ф.-М.Н.		

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А3Г	Ан Юлиан Юрьевич		

**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)
12.05.2015	<i>Выдача задания</i>	
19.05.2015	<i>Проведение анализу уязвимости ядерного объекта</i>	
26.05.2015	<i>Компоновка рубежей охраны</i>	
09.06.2015	<i>Проведение измерений и анализ полученных результатов</i>	
16.06.2015	<i>Сдача работы</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ФЭУ ФТИ	Степанов Б.П.	Доцент каф. ФЭУ		08.05.17

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФЭУ	О.Ю. Долматов	к.ф.-м.н., доцент		08.05.17

## Реферат

Данная выпускная квалификационная работа содержит в себе 95 страниц, 12 рисунков, 23 таблицы, 21 источник и 5 приложений.

Ключевые слова: ядерный объект, ядерный материал, система физической защиты, система учета и контроля, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, защищенная зона ядерного объекта, внутренняя зона ядерного объекта, анализ уязвимости, гамма-спектрометрический анализ.

Объектом исследования являются вопросы организации и функционирования систем физической защиты.

Цель работы – обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на заводе по изготовлению ТВЭЛ.

В процессе исследования проводился анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования систем физической защиты и систем учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте, формирование требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты внутренней зоны и периметра ядерного объекта. Был проведен анализ спектральных характеристик исследуемого источника ионизирующего излучения.

В результате был получен проект по оснащению комплексом инженерно-технических средств физической защиты периметра и ЛКПП, АКПП, ЖДКПП ядерного объекта. Был определен изотопный состав исследуемого источника ионизирующего излучения, подсчитана его масса и активность.

## Обозначения и сокращения

- АКПП – автомобильный контрольно-пропускной пункт;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- ЗБМ – зона баланса материалов;
- ИТСФЗ – инженерно-технические средства физической защиты;
- КИТСФЗ – комплекс инженерно-технических средств физической защиты;
- КПП – контрольно-пропускной пункт;
- КТИ – ключевая точка измерений;
- МКА – многоканальный анализатор;
- НРА – неразрушающий анализ;
- НСД – несанкционированное действие;
- ПФЗ – предмет физической защиты;
- ПХЯМ – пункт хранения ядерных материалов;
- РВ – радиоактивные вещества;
- СБ – служба безопасности;
- СКУД – система контроля и управления доступом;
- СО – средство обнаружения;
- СФЗ – система физической защиты;
- ТВС – тепловыделяющая сборка;
- ТВС – тревожно-вызывная сигнализация;
- ТСФЗ – технические средства физической защиты;
- ТУК – транспортный упаковочный контейнер
- УИК ЯМ – учет и контроль ядерных материалов;
- ФБ – физический барьер;
- ФЗ – физическая защита;
- ЯМ – ядерный материал;
- ЯО – ядерный объект;
- ЯУ – ядерная установка;

## Содержание

Введение.....	16
1 Организация и функционирование СФЗ, УиК на ядерном объекте .....	18
1.1 Структура организации СФЗ.....	18
1.1.1 Комплекс инженерно технических средств .....	20
1.1.2 Контрольно пропускные пункты.....	22
1.2 Организация процедур СУиК ЯМ на ЯО .....	24
2. Описание объекта и методов анализа характеристик ЯМ .....	28
2.1 Описание функционирования ЯО .....	28
2.1.1 Технологические процессы на заводе по изготовлению ТВЭЛ .....	28
2.1.2 План объекта и описание потоков ЯМ на предприятии .....	32
2.1.3 Выделение ЗБМ и КТИ.....	34
2.1.4 Выбор и обоснование пломбировочных устройств.....	35
2.2 Проведение анализа уязвимости .....	39
2.2.1 Модель и сценарий нарушителя.....	40
2.3 Метод гамма-спектрометрического анализа ЯМ.....	42
2.3.1 Полупроводниковые детекторы ионизирующего излучения .....	43
2.3.2 Гамма-спектрометрическая система .....	46
3 Обеспечение безопасности при обращении с ЯМ .....	49
3.1 Оснащение КИТС границы защищенной зоны.....	49
3.1.1 Оснащение КИТС ЛКПП .....	50
3.1.2 Оснащение КИТС транспортных КПП.....	51
3.2. Определение спектральных характеристик исследуемого образца.....	52

3.2.1 Результаты изотопного состава и количественных характеристик образца .....	54
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	57
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	57
4.2 Технология QuaD .....	57
4.3 SWOT-анализ.....	58
4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	60
4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	60
4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	61
4.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	63
4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ .....	63
4.4.6 Основная заработная плата исполнителей темы.....	64
4.4.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	66
4.4.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	66
4.4.9 Накладные расходы.....	67
4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	68
4.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	68
5 Социальная защита .....	71
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	71
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ. ....	73
5.2.1 Требования к ПЭВМ и организация работы .....	73
5.2.2 Технические мероприятия.....	73

5.2.3 Условия безопасной работы.....	75
5.3 Электробезопасность .....	77
5.4 Пожарная и взрывная безопасность. ....	79
Заключение .....	81
Список используемых источников.....	82
Приложение А .....	85
Приложение Б .....	87
Приложение В.....	90
Приложение Г .....	91
Приложение Д.....	92
Приложение Е.....	93

## Введение

На сегодняшний день, ядерная энергетика во всем мире вносит ощутимый вклад в развитие, как энергетики, так и промышленности в целом. Именно благодаря этому широчайшее распространение получили ядерные материалы (ЯМ).

В связи с тем, что растет активность террористических группировок и с тем, что ЯМ обладают огромной потенциальной опасностью, заключающаяся в абсолютно возможности их прямого использования для непосредственного создания ядерного оружия, собственно, и растет потребность в обеспечении безопасного полноценного функционирования объектов, которые используют ЯМ и ядерные установки (ЯУ). Такого рода предприятия интересны для всевозможных преступных группировок, для всех государств, не имеющих подобных или схожих технологий, но упорно пытающихся их заполучить в обход существующей политики нераспространения ЯМ в мире.

Для обеспечения принятого в стране мирного использования ЯМ, необходимо, прежде всего, создание глубокоэшелонированной защиты ЯМ на ядерном объекте. Глубокоэшелонированная защита включает в себя меры по физической защите, контролю и учету ЯМ, которые являются взаимодополняющими [1].

Для современных ЯО актуальной деятельностью является проектирование и создание эффективных систем физической защиты (СФЗ), обеспечение учета и контроля ЯМ в государственной системе учета и контроля ЯМ, это обусловлено необходимостью пресечения на ранних стадиях возможных диверсионных террористических акций в отношении ЯМ, а также любого вида несанкционированного вмешательства в технологический процесс или работу ЯУ посторонних лиц или персонала ЯО.

Целью данной работы является обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на заводе по изготовлению ТВЭЛ.



В соответствии с поставленной целью для достижения результата были выделены следующие задачи:

- анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования СФЗ, учета и контроля ЯМ на ЯО;
- формирование и выделение требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты (КИТСФЗ) защищенной внутренней зоны ЯО;
- анализ спектральных характеристик неизвестного источника ионизирующего излучения;

# 1 Организация и функционирование СФЗ, УиК на ядерном объекте

## 1.1 Структура организации СФЗ

Для организации надежной физической защиты на ЯО реализуется система физической защиты. Руководство ядерного объекта обеспечивает создание, функционирование и совершенствование системы на объекте. СФЗ состоит из совокупности инженерно-технических средств, определенных организационных мероприятий, направленных на их применение и совершенствование, а так же действий подразделений охраны и службы безопасности, которые нацелены на обеспечение внутриобъектового режима.

Охрана на ядерном объекте осуществляется воинскими частями и подразделениями внутренних войск МВД РФ, подразделениями вневедомственной охраны при органах внутренних дел РФ или ведомственной охраны. Командиры подразделений и воинских частей несут прямую ответственность за выполнение всех задач по охране объектов.

Целью системы физической защиты является предотвращение несанкционированных действий по отношению к ЯМ, ЯУ и другим предметам физической защиты на ЯО. Исходя из основной цели СФЗ, существует ряд задач и соответствующих мер, которые обеспечивает руководство ЯО, представлены в таблице 1.

Таблица 1.1 – Задачи СФЗ

Задачи СФЗ	Меры
-предупреждение о НСД; -своевременное и однозначное обнаружение НСД; -задержка всяческого проникновения нарушителя; -непосредственное реагирование на НСД; -нейтрализация нарушителей для предотвращения НСД.	-проведение анализа уязвимости; -оценка НСД в отношении ПФЗ; -категорирование ПФЗ, помещений и ЯО в целом; -выделение всех охраняемых зон и зон ограниченного доступа на предприятии; -определение мест размещения ПФ в соответствующей зоне помещения; -создание системы охраны ЯО;

## Продолжение таблицы 1.1

	<ul style="list-style-type: none"><li>-на основании различных документов и нормативно-правовых актов разрабатываются требования к СФЗ ЯО;</li><li>-оценка эффективности СФЗ при ее создании, совершенствовании;</li><li>-разработка документов по обеспечению и организации ФЗ ЯО;</li><li>-функционирование СФЗ с эксплуатацией КИТСФЗ;</li><li>-проведение контроля за соблюдением требований по ФЗ на объекте [2].</li></ul>
--	---

Помимо всего прочего, существует ряд требований, которые необходимо выполнять при построении системы физической защиты на ядерном объекте. Одним из основных требований при построении СФЗ является применение следующих принципов:

- зонального построения;
- равнопрочности;
- обеспечения надежности и живучести;
- адаптивности;
- регулярности контроля функционирования;
- адекватности.

Существует такое понятие, как эффективность системы физической защиты. Эффективность системы физической безопасности – это вероятность выполнения системой своей основной целевой функции по обеспечению защиты объекта от угроз, источниками которых являются злоумышленные несанкционированные действия нарушителей [3].

Как уже говорилось ранее, система физической защиты представляет собой совокупность правовых норм, организационных мер и инженерно-технических решений, направленных на защиту объекта от НСД.

В этом едином комплексе задействованы и люди (служба безопасности, силы охраны), и техника - комплекс инженерно-технических средств физической защиты (КИТСФЗ). От их четкого взаимодействия и зависит

эффективность СФЗ. Схематично структура системы физической защиты представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Структура СФЗ

### 1.1.1 Комплекс инженерно технических средств

Комплекс инженерно-технических средств, прежде всего, предназначен для инженерно-технического обеспечения достижения основной цели и решения всех задач СФЗ на ЯО. Комплекс ИТСФЗ всегда состоит из комплекса инженерных средств и комплекса технических средств. Структурная схема КИТСФЗ представлена на рисунке 1.1.

Как и у СФЗ в целом, у КИТСФЗ так же существует ряд задач, которые он должен решать, а так же требования, которым должен соответствовать (табл. 1.2)

Таблица 1.2 – Задачи и требования к КИТСФЗ

Задачи КИТСФЗ	Требования к КИТСФЗ
<ul style="list-style-type: none"> <li>- обеспечения оперативного, а так же непрерывного управления в системе ФЗ;</li> <li>- обеспечение установленного на объекте режима доступа персонала ЯОО;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- состав и структура КИТСФЗ должны соответствовать особенностям объекта (содержанию его технологического процесса, степени важности и секретности, масштабам последствий несанкционированных действий нарушителя),</li> </ul>

## Продолжение таблицы 1.2

<ul style="list-style-type: none"> <li>- затруднение действий нарушителей при любых попытках несанкционированного доступа в охраняемые зоны, а так же здания, сооружения и помещения;</li> <li>- выдача сигналов на пункты управления СФЗ о всех попытках и фактах совершения НСД;</li> <li>- определение на периметре защищенной зоны следуемого направления движения нарушителя как на объект, так и с объекта;</li> <li>- определение времени и места НСД;</li> <li>- предоставление силам охраны благоприятных условий по выполнению служебно-боевых задач и облегчение по задержанию нарушителей;</li> <li>- дистанционное наблюдение за периметрами охраняемых зон, а так же охраняемыми зданиями, помещениями, всевозможными сооружениями и оценки общей обстановки.</li> </ul>	<p>наиболее вероятным угрозам его безопасности (модели нарушителя), а также способу охраны объекта (численности и способам действий сил охраны);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сохранять работоспособность круглосуточно и в любое время года; обладать высокой эксплуатационной надежностью;</li> <li>- обеспечивать защиту обрабатываемой и передаваемой в указанном комплексе информации;</li> <li>- иметь возможность работы в автономном режиме;</li> <li>- быть безопасным в эксплуатации; его элементы должны быть в установленном порядке сертифицированы, а его проектирование и оборудование на объекте должно осуществляться организациями, имеющими в соответствии с действующим законодательством лицензии на соответствующие виды деятельности.</li> </ul>
--	---

Инженерные средства физической защиты – это всевозможные инженерные сооружения, конструкции и физические барьеры, применяемые в СФЗ ЯО и на транспортных средствах, перевозящих ЯМ, с целью повышения эффективности СФЗ, а так же создания необходимых условий персоналу охраны для выполнения поставленных задач. К инженерным средствам СФЗ относят: физические барьеры, инженерное оборудование периметров охраняемых зон и всех постов охраны, контрольно-следовая полоса, тропы нарядов, специалистов ИТСФЗ, наблюдательные вышки, постовые грибки, инженерное оборудование КПП и постов с пропускными функциями в охраняемые здания, а так же сооружения, помещения и так далее.

Физические барьеры предназначены для усложнения проходу людей и проезду транспортных средств в охраняемые зоны, а так же выходу людей и выезду транспортных средств из охраняемых зон, задержки или замедления проникновения нарушителей. Физическими барьерами могут являться различные строительные конструкции ядерного объекта, специально

разработанные конструкции, например, противотаранные устройства, решетки, а так же другие физические, естественные препятствия.

Комплекс ТСФЗ предназначен для непосредственной технической поддержки всех действий по обеспечению ФЗ ЯО и размещенных и эксплуатируемых на нем ЯМ, ЯУ, а так же ПХЯМ.

Комплекс ТСФЗ должен обеспечивать выполнение следующих задач:

- сбор, обработку, анализ и контроль абсолютно всей получаемой информации;
- обеспечение возможности оценки тревожной ситуации в реальном масштабе времени;
- формирование и передачу сообщений (установленных сигналов) силам охраны, реагирования и органам управления СФЗ;
- обеспечение информационного взаимодействия между ЦПУ и ЛПУ;
- контроль состояния и работоспособности ИТСФЗ;
- контроль действий и местоположения персонала при его работе с ЯМ, на ЯУ и в пунктах хранения;
- хранение и выдачу информации о функционировании СФЗ, попытках ее преодоления и несанкционированных действиях по отношению к защищаемым объектам и к самим ИТСФЗ.

### **1.1.2 Контрольно пропускные пункты**

Контрольно-пропускной режим - это комплекс организационно-правовых ограничений и правил, устанавливающих порядок пропуска через контрольно-пропускные пункты в отдельные здания и помещения сотрудников объекта, посетителей, транспорта и материальных средств. Контрольно-пропускной режим является одним из ключевых моментов в организации системы безопасности на предприятии. С этих позиций контрольно-пропускной режим представляет собой комплекс организационных мероприятий

(административно-ограничительных), инженерно-технических решений и действий службы безопасности.

Для организации пропускного режима на предприятии оборудуются контрольно-пропускные пункты (КПП). Оборудование КПП должно обеспечивать необходимую пропускную способность и возможность тщательной проверки пропусков, документов у проходящих лиц, досмотра всех видов транспорта, провозимых грузов и удовлетворять следующим требованиям:

- исключать возможность несанкционированного проникновения через КПП на объект (с объекта) людей и транспортных средств;
- способствовать сокращению времени на проверку документов, досмотр транспорта и материальных ценностей;
- способствовать исключению или, хотя бы, сведению к минимуму ошибок охранника при пропуске людей и транспорта;
- обеспечивать меры безопасности охранника при досмотре транспортных средств.

На контрольно-пропускных пунктах осуществляются контроль правомочности прохода или проезда и идентификация проходящих лиц, проезжающих транспортных средств, обеспечивается санкционированный доступ персонала ядерного объекта, посетителей и командированных лиц и задержание нарушителей, принимаются меры по предотвращению несанкционированного проноса и провоза ядерных материалов, ядерных установок, взрывчатых веществ, холодного и огнестрельного оружия, других запрещенных предметов.

Контрольно-пропускные пункты оборудуются и оснащаются средствами защиты от поражения стрелковым оружием лиц, выполняющих контрольные и пропускные функции. Транспортные контрольно-пропускные пункты оборудуются противотаранными устройствами.

КПП должны быть оснащены стационарными, а персонал, выполняющий контрольно-пропускные функции, - ручными средствами

обнаружения проноса (провоза) ЯМ, взрывчатых веществ и предметов из металла.

Существует три основных вида КПП: людское, транспортное и железнодорожное. Все виды КПП должны быть оборудованы необходимыми видами связи и тревожной сигнализации для вызова резерва охраны. На КПП рекомендуется располагать внутренний телефон и список телефонов администрации предприятия.

## **1.2 Организация процедур СУиК ЯМ на ЯО**

Для безопасного обращения с ядерными материалами, радиоактивными веществами и радиоактивными отходами необходимы строгие знания в отношении ядерных материалов, своевременное обнаружение нарушителей в обращении с ними и надежная защита ЯМ от любых попыток несанкционированного доступа к ним.

Российский и международный опыт по использованию ядерной энергии, позволил сформулировать следующие требования по обращению с ЯМ:

- ЯМ, РВ, РАО должны быть учтены в соответствии со списком, утвержденным правительством страны;
- данный список каждое государство определяет индивидуально в зависимости от национальных интересов, опираясь на опыт и существующие международные стандарты;
- при составлении списков учитываемых материалов принимаются во внимание их материальная ценность и опасные свойства;
- строгий контроль хранения, перемещения и передачи всех этих веществ, обеспечение санкционированного доступа и своевременного обнаружения несанкционированного доступа к ним;
- ЯМ, РВ и РАО, а также установки, где они используются должны быть обеспечены надежной защитой от нарушителей, пытающихся изъять их из под контроля государства.



Система учета и контроля строится на основе:

- Категории ЯМ, которые определены основными правилами учета и контроля с учетом их привлекательности для создания ядерного взрывного устройства (использования в оружейных целях);
- зон баланса материалов;
- ключевых точек измерений;
- различного типа измерений (учетных, подтверждающих, выборочных, неразрушающих, разрушающих);
- компьютеризации (в качестве инструмента снижения влияния человеческого фактора);
- отчетности разного уровня.

Основным понятием в системе учета и контроля ЯМ является понятие зоны баланса материала. ЗБМ – зона территориально или административно определенная в пределах ЯУ или пункта хранения (ПХ) ядерных материалов, и предназначенная для их учета и контроля [4]. Применение данной концепции зон баланса материала подразумевает, что определены вход и выход, контролируемые из вне, и вдобавок, наличное количество ЯМ подлежит определению на периодической основе. Определение наличного количества ЯМ происходит при проведении физической инвентаризации. Период между двумя последними ФИ носит название межбалансовый период. При проведении ФИ производится расчет инвентаризационной разницы, то есть разницы между фактически наличным количеством ЯМ и документально зарегистрированным количеством ЯМ. Анализ инвентаризационной разницы дает сделать выводы о хищении ЯМ или наличия неучтенного материала.

Для каждой ЗБМ определяются ключевые точки измерения, каждая из которых представляет собой место, где ЯМ находится в такой форме, что его можно измерить, используя соответствующие методы, процедуры и технические средства измерения содержания массы или изотопного состава, иных количественных характеристик и атрибутивных признаков ЯМ для определения потоков ЯМ или наличного количества.

Для обеспечения должного функционирования государственной системы учета и контроля ЯМ на предприятии необходимо произвести выбор структуры ЗБМ. В ЗБМ должны легко проводиться ФИ без больших экономических потерь за счет остановки производства и измерения входного и выходного потока ЯМ.

Основные требования к организации ЗБМ представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Требования к ЗБМ

Требования	<ul style="list-style-type: none"> <li>- количество ЗБМ на предприятии выбирают таким образом, чтобы их было достаточно для обеспечения учета и контроля всех ЯМ. Каждая ЗБМ документально оформляется и утверждается вышестоящей организацией. Количество и границы ЗБМ согласовываются с эксплуатирующей организацией;</li> <li>- каждая ЗБМ должна представлять собой единый неделимый участок;</li> <li>- при определении структуры зон баланса материала на предприятии, границы ЗБМ должны быть четко выражены и соответствовать границам охраняемых зон. При этом границы ЗБМ и охраняемых зон могут совпадать;</li> <li>- наличие физических барьеров целесообразно учитывать при определении границ ЗБМ;</li> <li>- функциональные подразделения, такие как склады заводские лаборатории, а также участки предприятий, требующих специальной защиты информации, выделяются в отдельные ЗБМ [9].</li> </ul>
------------	---

Относительно ядерных материалов одним из основных является понятие учетной категории ядерных материалов. Если материал попадает под учетную категорию, то к нему должны применяться определенные правила учета, контроля и физической защиты. Если материал не подпадает под учетную категорию, то таких жестких правил к нему не применяется.

ЯМ и специальные неядерные материалы, которые подлежат учету и контролю представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – ЯМ и специальные неядерные материалы, подлежащие УиК

Ядерные материалы:	Химические элементы	- Pu; - U; - Th.
	Нуклиды:	- U <sup>233</sup> ; - U <sup>235</sup> ; - Np <sup>237</sup> ; - Am <sup>241</sup> ; - Am <sup>243</sup> ; - Cf <sup>252</sup> .
Специальные неядерные материалы:	H <sup>2</sup>	содержащийся в тяжелой воде, если его относительное изотопное содержание превышает 50% (кроме содержащегося в ЯУ)
	H <sup>3</sup>	Во всех соединениях, если отношение числа атомов H <sup>3</sup> к числу атомов других изотопов H более 1000
	Li <sup>6</sup>	в любых соединениях, если содержание Li <sup>6</sup> в Li превышает его природную распространенность

ЯМ подлежат государственному учету и контролю, если значения их масс, находящихся на предприятии, равны или превышают минимальные количества, которые определены в нормативных документах федерального уровня [5].

Категоризация ЯМ необходима для того, чтобы сосредоточить внимание на установках, наиболее привлекательных с точки зрения ЯМ, которые достаточно просто можно перевести в оружейные формы.

В настоящее время нормативные документы устанавливают четыре категории ЯМ в соответствии с критериями привлекательности и их количеством. В соответствии с категорией ЯМ устанавливаются требования к их ФЗ и учету и контролю.

## 2. Описание объекта и методов анализа характеристик ЯМ

### 2.1 Описание функционирования ЯО

Описание ядерного объекта проводится, прежде всего, для того, чтобы установить основные характеристики, а так же особенности ЯО, находящихся на нем ЯУ, ЯМ и пунктов хранения ЯМ. Помимо этого, описание ядерного объекта используется для установления ПФЗ на данном ЯО, степень их опасности, а так же привлекательности для потенциального нарушителя. В таблице 2.1 представлены более подробные сведения, используемые для описания ядерного объекта.

Таблица 2.1 – Описание ЯО

Характеристика	Значение
Протяженность границ ЯО	xxxxxx
Удаленность от ближайшего населенного пункта	На север 22 км
Местность	равнинная
Природная зона	тундра
Климат	Температура летом от плюс 18°C до плюс 25°C, зимой от минус 20°C до минус 30°C
	Осадки от 250 до 450 мм в год
Водоёмы	Водохранилище в радиусе 3 км
Режим работы ЯО	смены: с 8:30 до 14:30, с 14:30 до 20:30, с 20:30 до до 2:30, с 2:30 до 8:30;
Количество сотрудников в смене	65

#### 2.1.1 Технологические процессы на заводе по изготовлению ТВЭЛ

Технологический процесс по изготовлению ТВЭЛ, зачастую, начинается с формирования топливных таблеток.

Таблетки из UO<sub>2</sub> являются одной из основных составляющих ТВЭЛов, в значительной степени определяющих их работоспособность, поэтому к ним предъявляются довольно жесткие требования по таким параметрам, как плотность, геометрия, отсутствие физических повреждений, термическая стабильность, микроструктура.

Первым делом идет подготовка пресспорошка. Пресспорошок – это порошок на основе  $UO_2$ , обладающий заданными физико-химическими свойствами. Он является сырьем для прессования «сырых» таблеток. Приготовление пресспорошка производится в два этапа. На данном этапе урановый порошок поступает на конвейер в балк-форме. Затем в биконический контейнер загружается смесь диоксида урана с высоким содержанием стеарата цинка, так называемая «богатая» смесь. Этот контейнер устанавливается на смесительный станок, на котором производится тщательное перемешивание исходных компонентов до получения качественной однородной смеси. Далее в контейнер добавляется диоксид урана до концентрации стеарата цинка 0,2–0,6 % и производится смешивание всей партии.

Прессование таблеток является вторым этапом. Контейнер с пресспорошком кран-балкой устанавливается на устройство загрузки пресса. Пресспорошок поступает в загрузочную камеру роторного пресса. Производится прессование таблеток. Полученные таблетки выгружаются из пресса в молибденовые лодочки объемом 13 л, установленные в боксе. Производится контроль плотности отпрессованных таблеток гамма-адсорбционным методом. Заполненные лодочки из бокса через герметичный узел перегружаются в закрытую транспортную тележку и транспортируются к высокотемпературной печи спекания таблеток.

Далее идет спекание таблеток. Спекание проводится в печи туннельного типа. Лодочки устанавливаются на шагающую балку, которая загружает их в печь. Печь состоит из четырех секций.

Первая секция предназначена для удаления связующих компонентов. В ней расположены первые три зоны рабочей камеры, в которых происходит нагрев сырья. Во второй секции проводится предварительный нагрев таблеток. Эта секция состоит из зон, в которых происходит разогрев таблеток молибденовыми байонетными нагревателями. Третья секция предназначена для высокотемпературной обработки. Она состоит из зон, в которых в действительности происходит спекание вещества по мере того, как оно

движется вдоль механизма шагающей балки. Четвертая - секция охлаждения и выхода. Она представляет собой гигантский теплообменник. После спекания лодочки со спеченными таблетками подаются к шлифовальному станку.

Следующим этапом является шлифование таблеток. Таблетки подаются в рабочую зону полуавтомата круглошлифовального бесцентрового, где шлифуются в размер по диаметру. В качестве охлаждающей жидкости при шлифовании используется дистиллированная вода.

Прошлифованные таблетки моются под струей дистиллированной воды и загружаются в перфорированные нержавеющей стали лодочки объемом 6 л, установленные в боксе, и оттуда по рольгангу поступают в печь сушки таблеток.

Одним из маловажных этапов является сушка таблеток. Сушка таблеток производится в среде азота при температуре до 300 °С. После выхода из печи таблетки подвергаются контролю в аналитической лаборатории на содержание водорода. До получения результатов анализа таблетки в лодочках хранятся в транспортных тележках. Если обнаружены отклонения от установленных требований, то таблетки возвращаются на повторную сушку в печь.

И последним этапом является контроль готовых таблеток. Заключительным этапом производства таблеток ТВЭЛов является 100% контроль их качества. Контроль проводится по содержанию урана и примесей, плотности и геометрии таблеток, внешнему виду, термической стабильности, содержанию остаточных газов.

При получении положительного результата таблетки упаковывают в специальные контейнеры для временного хранения на складе хранения готовых таблеток (ЗБМ№ 4).

Следующим этапом в производстве ТВЭЛ является непосредственно снаряжение топливом ТВЭЛ.

На данном объекте производится сборка ТВЭЛ с гарантированным зазором.

Соединение сердечника с оболочкой должно предохранять ядерное топливо от коррозии при соприкосновении его с охлаждающей средой, задерживать продукты деления, препятствовать короблению сердечников во время эксплуатации (под облучением) и обеспечить относительно высокую теплопередачу от топливного элемента к охлаждающей среде.

Зазор между сердечником и оболочкой заполняют жидким натрием, сплавом натрия с калием, расплавом металла или гелием.

Немало важным этапом является герметизация ТВЭЛ. Герметизация ТВЭЛ заключается в их сборке с концевыми заглушками. Сборку концевой пробки с оболочкой ТВЭЛа выполняют различными методами. Герметизация ТВЭЛ осуществляется дуговой сваркой в защитной атмосфере с использованием нерасходуемого электрода.

Заключительным этапом в сборке ТВЭЛ является их контроль качества. К качеству ТВЭЛов, используемых в реакторе, предъявляются очень жесткие требования. ТВЭЛы энергетических аппаратов должны быть тщательно обследованы и испытаны до установки, чтобы обеспечить правильную работу реактора, его безопасность и экономичность.

В ходе проверки качества ТВЭЛ не должны быть обнаружены следующие типы дефектов:

- первичные дефекты, возникшие в процессе производства сырьевого материала. К ним относятся изменения химического состава, поверхностные и внутренние трещины;
- дефекты, обусловленные технологическим процессом изготовления реакторных деталей. К этим дефектам относятся: пористость, разрывы, трещины;
- дефекты, возникшие при сборочных операциях: отсутствие сцепления между оболочкой и топливным сердечником, пористость, непровары в сварных швах.

Заключительным этапом на заводе по изготовлению ТВЭЛ является сборка ТВС. Для сборки ТВС используют неразъемные и разъемные

соединения. Неразъемные соединения получают сваркой и пайкой, разъемные – креплением болтами, штифтами.

Способ соединения ТВЭЛ в ТВС выбирается с учетом многих факторов: рабочей температуры внутри активной зоны, коррозионного действия теплоносителя на оболочки ТВЭЛ в реакторе, влияние на ТВЭЛы облучения потоком нейтронов, конструкции, формы и конфигурации самих ТВЭЛ. Соединение элементов посредством сварки, пайки или крепежа должно быть надежным.

Сварка и пайка – два основных процесса, применяемых в настоящее время для объединения ТВЭЛ в сборки. Основной особенностью технологии сварки и пайки изделий, предназначенных для использования в ядерных реакторах, является учет ядерных свойств выбираемых припоев и присадочных материалов; при этом необходимо, чтобы сечения захвата нейтронов ядрами материалов, применяемых при пайке и сварке, удовлетворяли соответствующим требованиям.

### **2.1.2 План объекта и описание потоков ЯМ на предприятии**

План объекта представлен на рисунке 2.1, схематичное описание потоков ЯМ на рисунке 2.2. Грузовые машины проезжают АКПП, проходят там проверку на наличие взрывчатых и запрещенных веществ. После проверки машины проезжают в разгрузочный участок, где из грузовых автомобилей выгружаются контейнеры с порошком диоксида урана. После чего их транспортируют на склад для хранения уранового порошка.





Рисунок 2.1 – План объекта

Из вновь прибывшей партии ЯМ выбираются несколько контейнеров, которые вскрывают, берут некоторое количество порошка и перемещают в соседнее помещение, лабораторию, где проводят контроля качества ЯМ. По мере необходимости контейнеры с порошком диоксида урана доставляют в цех по формированию таблеток. По завершению технологического процесса, готовые сформированные таблетки проходят контроль качества внутри цеха (НРА) и относят пробу в лабораторию для РА, после подтверждения качества перемещаются в цех изготовления ТВЭЛ.



Рисунок 2.2 – Схематичное описание потока ЯМ

После изготовления ТВЭЛ, снаряженные ТВЭЛ перемещаются в цех по изготовлению ТВС. Готовые ТВС перемещаются на склад, где хранятся ТВС. Далее по мере необходимости ТВС перемещаются в помещение, где комплектуются ТУКи и отправляются в загрузочный участок. После чего ЯМ покидает объект на поезде через ЖДКПП.

### 2.1.3 Выделение ЗБМ и КТИ

Всего на предприятии 4 ЗБМ. Из них 1 ЗБМ представляют из себя цех по формированию таблеток и снаряжению ТВЭЛ, 1 ЗБМ это цех сборки ТВС и склад готовой продукции, 1 ЗБМ пункты хранения уранового порошка, 1 ЗБМ лаборатория по контролю качества. Расположение ЗБМ представлено на рисунке 2.3, описание ЗБМ и КТИ представлено в таблице 2.2.

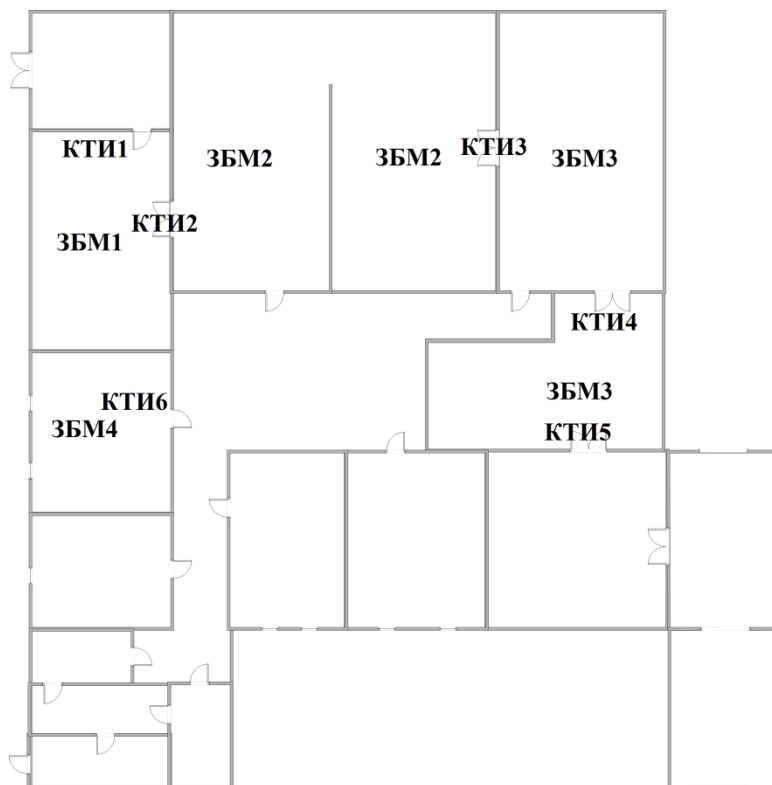


Рисунок 2.3 Территориальное выделение ЗБМ предприятия

Таблица 2.2 – Описание ЗБМ

Номер ЗБМ	Количество КТИ	Вид учетной единицы	Атрибуты
ЗБМ №1	2	1,2 КТИ: Контейнер с порошком	Масса контейнера, УИН, УИВ
ЗБМ №2	1 общая с ЗБМ №1 1 общая с ЗБМ №3	1: Контейнер с порошком 2: ТВЭЛ	Масса контейнера, УИН, УИВ
ЗБМ №3	3	1 КТИ: ТВЭЛ 2 КТИ: ТВС 3 КТИ: ТВС	Масса ТВЭЛ/ТВС, УИН
ЗБМ №4	1	1 КТИ: Контейнер с порошком, контейнер с таблетками	Масса ТВС, УИН, УИВ

Категорирование ЯМ, прежде всего, необходима для сосредоточения внимания на местах хранения и использования ядерных материалов, которые можно достаточно перевести в оружейные формы. Категория у каждой ЗБМ на предприятии – вторая (II), согласно НП-030-12. Результирующая категория помещений соответственно вторая.

#### 2.1.4 Выбор и обоснование пломбировочных устройств

Одной из основных задач учета и контроля ядерных материалов является сохранение и соответствующее подтверждение имеющейся информации о ядерных материалах. Подобные меры включают организационные мероприятия, СКД, а так же их комбинации и обеспечивают постоянный контроль доступа к ядерным материалам на предприятии. Одна из составных частей средств контроля доступа является применение систем пломбирования., которые, в свою очередь, направлены на обеспечение выполнения всех необходимых требований нормативных документов в области учета и контроля ядерных материалов. В рамках учета и контроля ядерных материалов системы пломбирования используются при приеме и передаче ядерных материалов, физических инвентаризациях и контрольных проверках

ядерных материалов, учете и контроле ядерных материалов в технологических кампаниях.

Выделяют две основные задачи систем пломбирования: сохранение достоверности учетных данных о ядерных материалах и обнаружение несанкционированных действий по отношению к ядерным материалам. В последнем случае системы пломбирования могут служить как средство обнаружения в рамках физической защиты, но ни как не средством задержки нарушителя.

Помимо двух основных задач, системы пломбирования так же позволяют уменьшить дозовую нагрузку персонала, повышают качество и достоверность анализа ложных тревог и аномалий в эшелонированной системе средств контроля доступа, оптимизировать интенсивность и объем процедур учета и контроля ядерных материалов, а так же персонализировать ответственность за процедуры, проводимые в рамках учета и контроля. [8]

Основными объектами, содержащими ядерные материалы и их характеристики, к которым рекомендуется принимать системы пломбирования, являются:

- упаковки и контейнеры, в которых находятся ЯМ и различные изделия, содержащие ЯМ;

- двери, ворота от мест хранения или шкафов, сейфов, в которых хранятся ядерные материалы и изделия, содержащие их;

- всевозможные грузовые отсеки транспортных средств, перевозящих ядерный материал и их изделия, как на территории предприятия, так и во время транспортировки;

- здания и помещения, в которых проходят работы непосредственно с ЯМ и изделиями, их содержащими;

- всевозможные образцы, пробы и эталоны ядерных материалов;

- различные носители информации о ЯМ.

Выбор типа пломб, которые будут использоваться на предприятии, следует осуществлять, исходя из условия наиболее длительного их применения.

Так же рекомендуется при выборе пломб убедиться у поставщика пломб о наличии соответствующих сертификатов на соответствие международных стандартов на продаваемую продукцию.

Для ЗБМ с ядерным материалом 1 и 2 категории рекомендуется применять пломбы с индивидуальными идентификационными признаками. Для ЗБМ 3 и 4 категории так же рекомендуется применяться пломбы с индивидуальными идентификационными признаками, исключительно для повышения надежности системы учета и контроля ядерных материалов.

На рассматриваемом предприятии используется два типа пломб: силовые типа «Мультилок» (рис. 2.4) и индикаторные типа «ПК-91оп» (рис. 2.5).



Рисунок 2.4 силовая пломба типа «Мультилок»



Рисунок 2.5 индикаторная пломба типа «ПК-91оп»

#### Описание и обоснование выбора силовой пломбы типа «Мультилок»

Пломба типа «Мультилок» по классификации соответствует межгосударственному стандарту ГОСТ 31282-2004 «Устройства пломбировочные. Классификация». Данный тип пломбы является силовым тросовым моноблочным устройством одноразового использования. Основное предназначение – для пломбирования дверей транспортных средств, помещений, контейнеров, имеющих диаметр отверстия не менее 1мм. Данная пломба состоит из металлического корпуса, в который неразъемно вмонтирован запирающий механизм и стальной многожильный крученый тросик заданной

длины. При установке пломбы на объект свободный конец тросика вставляется во входное отверстие корпуса, образуя тем самым петлю. Конструкция данного запирающего механизма не позволяет извлечь тросик обратно. На боковой стороне корпуса пломбы с помощью лазерной маркировки нанесен ее индивидуальный номер.

На предприятии используется пломба «Мультилок кейбл сил 2,5» во время внешней транспортировки, т.е. пломбируются контейнеры с порошком, которые были доставлены на предприятия и ТУКи, которые отправляются непосредственно с предприятия. Выбор именно такой пломбы обусловлен, прежде всего, их прочностью (не менее 500 кгс) и низкой стоимостью (менее 44р). Первый фактор немаловажен при грузовой транспортировке габаритных контейнеров, так как, пластиковые пломбы в данном случае менее прочны.

Описание и обоснование выбора индикаторной пломбы типа «ПК 91оп»

Пломба типа «ПК 91оп» по классификации соответствует межгосударственному стандарту ГОСТ 31282-2004 «Устройства пломбировочные. Классификация». Данный тип пломбы является одноразовым пластмассовым индикаторным устройством. Основное предназначение для пломбирования дверей автотранспортных средств, помещений, сейфов, контейнеров, имеющих диаметр отверстий не менее 2,3 мм. Так же, стоит отметить, что существует четыре модификации данной пломбы, которые отличаются между собой диаметром и длиной рабочей части. Пломба так же имеет моноблочную конструкцию, которая состоит из корпуса с неразъемно вмонтированной в него цангой, гибкого хвостика определенной длины и ярлыка с идентификационным номером и другой необходимой информацией. Гибкий хвостик с цангой образуют неразъемную затягивающуюся петлю, которая, в свою очередь, охватывает проушины запорного узла пломбируемого объекта.

Вышеописанная пломба используется на данном предприятии во время внутренней транспортировки и во время хранения, т.е. пломбируются контейнеры с порошком во время прохождения КТИ на первой ЗБМ, так же

пломбируются контейнеры с таблетками. Выбор именно таких пломб обусловлен, прежде всего, их прочностью, несмотря на то, что сделаны из пластика (не менее 100кгс) и низкой стоимостью (30р).

## **2.2 Проведение анализа уязвимости**

Основной задачей данной работы является оснащение КИТСФЗ периметр защищенной зоны, а так же ЛКПП, АКПП и ЖДКПП. Прежде чем проводить оснащение, необходимо провести анализ уязвимости ядерного объекта, в соответствии с требованиями правил, указанных в Федеральном законе №456 ФЗ.

Анализом уязвимости считается процесс, организованный на ядерном объекте, по определению внутренних и внешних угроз, модели нарушителя, вероятных способов их осуществления, а так же выявления уязвимых мест в пунктах хранения ЯМ, всех производственных участках и, помимо всего прочего, описание технологических процессов на предприятии с использованием ЯМ. После хорошо описанного анализа уязвимости и полученных результатов, можно приступать к созданию эффективной СФЗ ЯО.

Неотъемлемой характеристикой качества проведения анализа уязвимости является оценка эффективности СФЗ. На самом первом этапе, этапе разработки, оценка эффективности является основным инструментом определения степени достаточности спроектированный СФЗ. Но на этапе модернизации оценка эффективности проводится обязательно с целью выявления всевозможных уязвимых мест уже существующей системы.

Оценкой эффективности считается процедура, направленная на определение как качественных, так и количественных показателей эффективности, а так же выявление существующих критических элементов СФЗ.

Требуемый уровень эффективности СФЗ должен обеспечиваться с учетом немаловажного критерия «эффективность-затраты». Оптимизация по

критерию «эффективность – затраты» есть оптимизация по цене с наложением ограничений на показатель эффективности системы. Показатель эффективности – это величина, которая характеризует степень достижения системой какой-либо из стоящей перед ней задач [8].

### **2.2.1 Модель и сценарий нарушителя**

При проведении проектирования и оценки СФЗ, в первую очередь, необходимо сделать некоторые предположения о возможности и характере реализации угроз по отношению к ядерному объекту или ядерному материалу. Для этого условно формируется, так называемая, модель нарушителя.

Эффективность СФЗ напрямую зависит от установленной модели нарушителя. В связи с этим, эффективность СФЗ обычно оценивают отдельно, т.е. по отношению к каждому из установленных моделей нарушителя. Под моделью нарушителя понимаются все качественные и количественные характеристики возможных нарушителей, действующих по единому сценарию действий.

Выделяют три основных требования, предъявляемых к модели нарушителя.

Основным требованием является адекватное отражение реальных условий функционирования объекта с точки зрения возможных противоправных действий в отношении него. Второе требование к модели нарушителя – модель должна содержать значения параметров, которые являются исходными при соответствующих оценках. Чем сложнее решаемая задача, тем более полной должна быть модель. Полнота описания параметров модели и их возможных значений должна обеспечивать требуемую точность результатов решаемой с ее помощью задачи, это является третьим требованием.

Далее представлено описание модели нарушителя в таблице 2.4 и сценарий действий нарушителя представлен в приложении Б.

Таблица 2.3 – Модель нарушителя



Характеристика	Описание
Тип нарушителя	- комбинированный (внешний+внутренний)
Угроза	- хищение ЯМ
Количество нарушителей	- 5 (один из них сотрудник предприятия)
Мотивация действий нарушителя	- экономическая
Мотивация внутреннего нарушителя	- семья в заложниках
Вооружение, инструменты	- грузовой автомобиль, огнестрельное и холодное оружие, кусачки, щипцы
Уровень осведомленности о ЯО, уязвимых местах технологического процесса и функционировании СФЗ	- средний
Навыки	- нарушители обладают высоким уровнем подготовки к преодолению физических барьеров, сигнализационных и заградительных рубежей, при необходимости готовы вступить в открытый вооруженный конфликт с охраной и персоналом
Финансирование	- террористические организации
Тактика действий нарушителя	- смешанная, по возможности является скрытая тактика проникновения на объект и совершение хищения ЯМ, в случае раскрытия действий нарушителей, тактика переходит в насильственную, включающую вооруженное нападение, прорыв системы охраны

Цели и планы действия нарушителей следующие: вооруженная группа в сговоре с одним из сотрудников ЯО совершат попытку проникновения на ядерный объект, организовав хищение ядерных материалов из ПХ ЯМ №1 (склад порошка) и, завладев необходимым количеством, скрываются с территории ядерного объекта.

Сценарий действий нарушителей: Первая группировка попадает на объект, используя поддельные пропуска, выданные сотрудником ФЗ (внутренний нарушитель). На грузовом транспортном средстве проезжают в защищенную зону. Далее они заезжают в разгрузочное помещение по тем же пропускам, сообщая, что они являются ремонтной бригадой. Параллельно с этим, внутренний нарушитель отключает всевозможные технические средства наблюдения на участках, по которым перемещается нарушитель.

Вторая группировка совершает отвлекающий маневр службы охраны, посредством серии взрывов, нарушая тем самым целостность периметра. Одновременно с одним из взрывов первая преступная группировка,

осуществляет подрыв ПХ ЯМ № 1, после чего они забирают необходимое и максимально возможное количество контейнеров с урановым порошком. Погрузив ЯМ в грузовое транспортное средство, первая группировка покидает объект тем же маршрутом, по которому происходило проникновение на ядерный объект. В этот момент вторая преступная группировка так же покидает окрестности ядерного объекта.

### **2.3 Метод гамма-спектрометрического анализа ЯМ**

Учет и контроль ядерных материалов наряду с физической защитой является основополагающей деятельностью в области ядерного нераспространения.

Учету и контролю 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.[11]

Для обеспечения учета и контроля ЯМ на объектах ядерного топливного цикла используются методы неразрушающего анализа. Хотя неразрушающий анализ по точности и уступает разрушающему, он обладает рядом преимуществ, например, таких как отсутствие необходимости нарушения целостности исследуемого образца. Это является одной из причин применения методов неразрушающего анализа в учете и контроле ядерных материалов. Широко используемым направлением в области неразрушающего анализа является гамма-спектрометрия.

Большинство ядерных материалов, которые подвергаются учету и контролю, испускают гамма-излучение, которое необходимо для проведения

неразрушающего анализа ядерных материалов. Гамма-излучение имеет хорошо известные энергии, которые являются характеристиками испускающих их изотопов. Значения энергий служат для идентификации изотопного состава материалов. При объединении с измерениями интенсивностей излучения они могут предоставить информацию о количестве имеющегося материала.

Чтобы зарегистрировать гамма-излучение, оно должно взаимодействовать с детектором так, чтобы передать всю или часть энергии гамма-кванта. Основой всех систем регистрации гамма-излучения является сбор электрического заряда, пропорционального переданной детектору энергии, чтобы получить импульс напряжения, амплитуда которого пропорциональна энергии гамма излучения. В спектрометрах гамма излучения эти импульсы формируются с помощью специальной электроники, такой, как одноканальный или многоканальный анализатор. С помощью многоканальных анализаторов информация о гамма-излучении, имеющем различные значения энергии, может быть выведена в графическом виде на дисплей или печать, чтобы получить энергетический спектр гамма-излучения, который представляет подробную информацию для анализируемого материала.

### **2.3.1 Полупроводниковые детекторы ионизирующего излучения**

В настоящее время детекторы занимают ведущее место среди приборов, регистрирующих излучения, используемых в гамма-спектрометрическом анализе. Полупроводниковые детекторы являются абсолютно твердотельными аналогами всевозможных ионизационных камер. Они имеют огромные преимущества перед другими схожими типами детекторов, наиболее значимым из которых можно считать высокое разрешение. Среди других немаловажных достоинств полупроводниковых детекторов следует отметить: линейность во всем широком диапазоне энергий, незначительное время нарастания импульса, относительную простоту и маленькие размеры, а также отсутствие

чувствительности к магнитным полям. Самые первые детекторы были применены для регистрации существующих тяжелых заряженных частиц, и их использование сразу привело к успехам в изучении ядерных реакций. Освоение самого процесса дрейфа Li в Si и Ge дало возможность изготавливать детекторы с большим объемом. Такие Ge(Li) детекторы и стали применяться при изучении спектров частиц больших энергий и в спектроскопии электронов. Применение техники дрейфа лития в германии привело к созданию больших детекторов, пригодных для регистрации  $\gamma$ -лучей. В дальнейшем была разработана технология высокой очистки кристаллов кремния и германия от примесей, что привело к появлению сверхчистых кристаллов. Эти кристаллы стали применяться, в так называемых, HP-детекторах (high pure–сверхчистые). Такие детекторы не содержат лития и могут храниться при комнатной температуре, но при регистрации  $\gamma$ -квантов и частиц их необходимо охлаждать. В настоящее время полупроводниковые детекторы в области  $\gamma$ -спектроскопии практически заменили сцинтилляционные кристаллы. Развитие ПП спектрометров привело к прогрессу не только в ядерной физике, но и в смежных областях: физике твердого тела, радиотехнике, технологии изготовления полупроводников. ПП детекторы широко применяются при изучении космического пространства, в биофизике и геофизике, в медицине [12].

ПП детекторы по своему принципу действия схожи с газонаполненными детекторами с тем отличием, что ПП детектор представляет собой кристалл ПП материала, размещенный между двух электродов. Обедненная область ПП кристалла играет роль чувствительного объема. Общий вид схемы включения ПП детектора показан на рисунке 2.7.

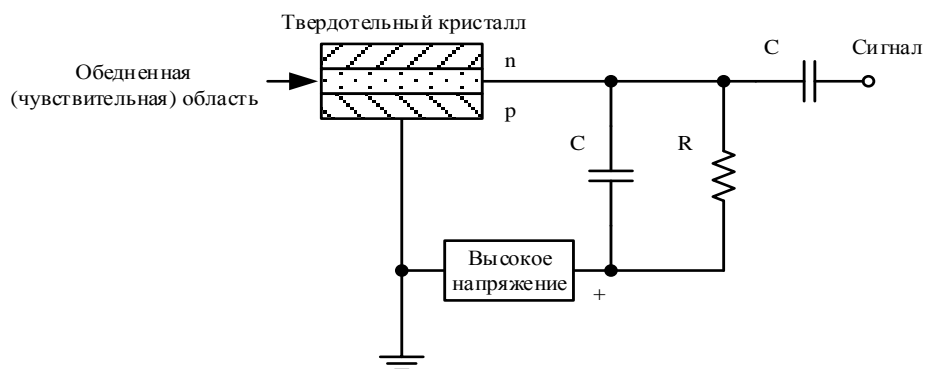


Рисунок 2.7 – Общий вид схемы включения полупроводниковых детекторов

Попадание ионизирующего излучения в чувствительный объем ПП детектора вызывает в нем образование пар разноименных носителей электрического заряда – дырок, несущих положительный заряд, и электронов, несущих, соответственно, отрицательный заряд. Другими словами, воздействие ионизирующего излучения на кристалл приводит к повышению его проводимости. К ПП кристаллу приложено внешнее напряжение, создающее электрическое поле внутри него. Под действием этого поля электроны и дырки разделяются и начинают дрейфовать к электродам. В результате на электродах возникают импульсы тока, амплитуда которых пропорциональна энергии, которую частица ионизирующего излучения потеряла в чувствительном объеме детектора [13]. Далее импульсы тока поступают на обработку в спектрометрический тракт, устройство которого рассмотрено далее.

Широко распространены два типа исполнения ПП детекторов:

- планарные – представляют собой кристалл с прямоугольным или круглым поперечным сечением;
- коаксиальные – могут быть с открытым концом (истинные коаксиальные) и с закрытым концом.

Приведенные типы исполнения изображены на рисунке 2.8.

Планарные детекторы малого диаметра и емкости используются для получения высокого энергетического разрешения при низких энергиях.

Планарные детекторы большого диаметра нашли применение в регистрации низкоэнергетических фотонов. Коаксиальные детекторы вследствие своего большого объема используются для регистрации высокоэнергетических фотонов и обладают достаточно высоким энергетически разрешением.

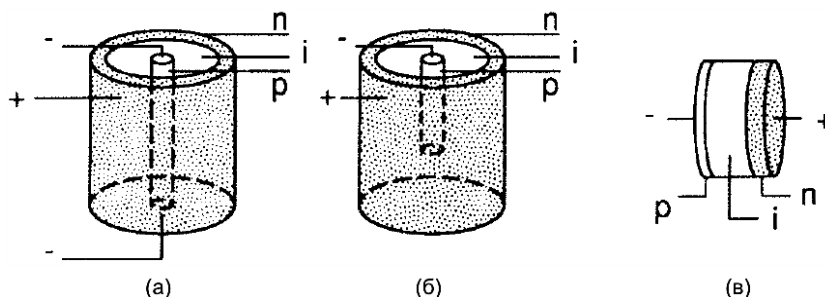


Рисунок 2.8 – Типы исполнения полупроводниковых детекторов:

- а) коаксиальный с открытым концом (истинный коаксиальный);
- б) коаксиальный с закрытым концом; в) планарный.

### 2.3.2 Гамма-спектрометрическая система

В целях неразрушающего анализа используются те детекторы, амплитуда выходного сигнала которых пропорциональна энергии частицы ионизирующего излучения, потерянной ей в чувствительном объеме детектора.

Совокупность выходных сигналов детектора образует амплитудно-импульсный спектр – основной источник информации о ядерном материале в неразрушающем анализе. Амплитудно-импульсный спектр представляет собой серию пиков полного поглощения (фотопиков), расположенных на непрерывном комптоновском распределении.

Система устройств, подключенных к детектору обеспечивающих точное представление амплитудно-импульсного спектра и выделение из него информации об энергии и интенсивности ядерного гамма-излучения называется гамма-спектрометрической системой.

Целям неразрушающего анализа наиболее полно соответствуют системы на базе многоканального анализатор.

Блок-схема гамма-спектрометрической системы на базе многоканального анализатора представлена на рисунке 2.9.

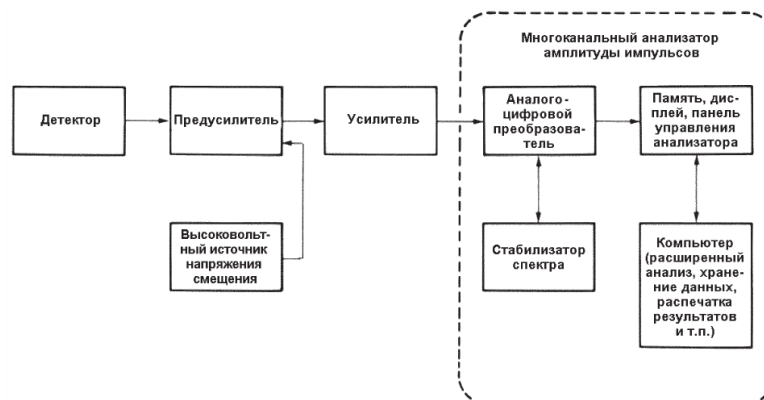


Рисунок 2.9 – Блок-схема гамма-спектрометрической системы на базе МКА

Высоковольтный источник напряжения смещения предназначен для создания электрического поля, в котором собирается заряд, образованный при взаимодействии гамма-излучения с детектором. Источник напряжения не является частью гамма-спектрометрической системы, через которую проходит сигнал, но он необходим для работы детектора.

Обычно для полупроводниковых детекторов источник напряжения обеспечивает напряжение до 5 кВ, которое можно непрерывно изменять, и ток до 100 мкА.

Выходной сигнал детектора обычно является коротким по времени импульсом тока, обладающий к тому же малой амплитудой. Поэтому в гамма-спектрометрических системах используются предусилители. Предусилитель (предварительный усилитель) – это электронный усилитель, использующийся для подготовки слабого сигнала на выходе детектора к дальнейшему усилению и обработке. Предусилитель обычно размещается в непосредственной близости к детектору для минимизации наводок и ослабления полезного сигнала. Предусилитель также играет роль

развязывающего устройства, так как предохраняет детектор от нестабильного входного импеданса и входных токов последующего тракта.

В зависимости от типа детектора предусилители делятся на три категории:

- предусилитель заряда;
- предусилитель тока;
- предусилитель напряжения.

Genie 2000 содержит полный набор программных средств для набора и обработки спектров с многоканальных анализаторов (МКА). Она включает в себя функции управления МКА, отображения спектра и выполнения над ним ряда операций, базовые функции обработки спектра и создания отчета.



## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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

На данный момент остро встаёт вопрос о необходимости планирования и организации научно-исследовательских работ. Важно не только разработать ту или иную научную тему, но и провести ее анализ с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, иными словами, необходимо определить затраты на проведение научно-исследовательской работы, продолжительность работ, таким образом определив экономическую эффективность и конкурентоспособность разрабатываемой в настоящей научно-исследовательской работе по созданию гипотетического объекта виде завода по изготовлению ТВЭЛ.

Разработка гипотетического объекта в силу своей специфики будет иметь своим целевым рынком госкорпорации по атомной энергетике. Примером могут служить такие госкорпорации как Росэнергоатом (Россия), Минэнерго (Беларусь), Энергоатом (Украина) и т.п.

Рынок услуг по фабрикации ТВЭЛ для различных ядерных энергетических установок можно сегментировать по множеству критериев, основными из которых являются уровень развития атомной энергетике страны и электрическая мощность установки. В данном проекте моделируется гипотетический объект, производящий ТВЭЛы для реактора типа РБМК, мощностью 1200 МВт, что означает, что уровень развития атомной энергетике высокий с данной мощностью установки.

### **4.2 Технология QuaD**

Для описания качества новой разработки и ее перспективности на рынке, принятия решения целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект используется технология QuaD.

Для упрощения процедуры проведения QuaD используется оценочная карта, составляемая в табличной форме (табл. 4.1).

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

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. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	90	100	0,90	18
2. Удобство в эксплуатации	0,15	100	100	1,00	15
3. Помехоустойчивость	0,15	95	100	0,95	14,25
4. Энергосбережение	0,20	80	100	0,80	16
5. Надежность	0,25	85	100	0,85	21,25
6. Материалоемкость	0,25	97	100	0,97	24,25
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>547</b>	<b>600</b>	<b>4,2</b>	<b>108,75</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

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.

Так как значение  $P_{cp}$  лежит в диапазоне от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной.

### 4.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – (strengths, weaknesses, opportunities, threats – сильные стороны, слабые стороны, возможности, угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, который применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

В таблице 4.2 представлена интерактивная матрица проекта, в которой показано соотношение сильных сторон с возможностями, что позволяет более подробно рассмотреть перспективы разработки.

Таблица 4.2 Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта		
		C1	C2	C3
Возможности проекта	B1	+	+	-
	B2	0	-	+
	B3	0	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» - сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» - слабое соотношение, «0» - сомнение поставить «+» или «-».

В приложении Г представлен SWOT-анализ в виде таблицы, так же показаны результаты пересечений сильных, слабых сторон, возможностей и угроз.

Разобрав SWOT-анализ можно сделать следующие стратегии:

- Выбирать географическое расположение не на севере страны, где имеются существенные проблемы с инфраструктурой и отсутствует возможность расширения производства и мощностей;
- Так же географическое расположение объекта должно находиться в сейсмически безопасной области;
- Использовать оборудование и технологию производства, соответствующую НТП;
- Выбирать географическое расположение в зоне с минимальной вероятностью совершения террористических действий и НСД.

## **4.4 Планирование научно-исследовательских работ**

### **4.4.1 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 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 приложении Д.

### **4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ**

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.2)$$

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

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

$t_{maxi}$  – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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.

#### 4.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (4.6)$$

$$t_{\text{min1}} = 1,$$

$$t_{\text{max1}} = 2,$$

$$t_{\text{ожс1}} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4, \quad (4.7)$$

$$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4, \quad (4.8)$$

$$T_{k1} = 1,4 \cdot 1,22 = 2. \quad (4.9)$$

Все значения полученные при расчетах по вышеприведенным формулам были сведены в приложении Е.

#### 4.4.4 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.

#### 4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.10)$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – 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).

Данный пункт рассчитывает затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования.

Расчет амортизационных отчислений ведется по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot C \cdot T_0}{365 \cdot 100\%} = \frac{20 \cdot 35000 \cdot 70}{365 \cdot 100\%} = 1342,5, \quad (4.11)$$

где  $A$  — амортизационные отчисления, руб.;

$C$  — стоимость оборудования, руб.;

$H_A$  — годовая норма амортизации, % (с 2012 года компьютеры — вторая группа амортизации. Норма амортизации 20%);

$T_0$  — время использования оборудования.

Расчет отчислений по единицам оборудования приведен в приложении Е.

#### **4.4.6 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.



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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (4.12)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле: для руководителя и бакалавра считается отдельно. (Бакалавр берет заработную плату как инженер 1-го уровня, з/п – 9893 руб.)

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (4.13)$$

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. (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	66	66
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p , \quad (4.14)$$

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  $Z_{осн}$ );

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

Таблица 4.4 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн.}$ руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m,$ руб	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб. дн.	$Z_{осн},$ руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2124,9	70,4	20399,6
Инженер	9893	0,3	0,2	1,3	19291	799,3	9,6	56272,3
<b>Итого</b>								<b>76671,9</b>

#### 4.4.7 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.15)$$

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

Таблица 4.5 — Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{доп}$	$Z_{осн}$	$Z_{доп}$
Руководитель	0,12	20399,6	2447,9
Бакалавр	0,12	56272,3	6752,7
<b>Итого</b>			<b>9200,6</b>

#### 4.4.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.16)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Таблица 4.6 — Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Бакалавр
Основная заработная плата, руб.	20399,6	56272,3
Дополнительная заработная плата, руб.	2447,9	6752,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Сумма отчислений	6191,7	17079,8
<b>Итого</b>	<b>23271,5</b>	

#### 4.4.9 Накладные расходы

Основные работы для ВКР проводились за персональным компьютером на рабочем месте. Время, проведенное за рабочей станцией: 422 часов. Мощность рабочей станции: 0,5 кВт.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} = 5,8 \cdot 0,5 \cdot 422 = 1223,8, \quad (4.16)$$

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

$P$  — мощность оборудования, кВт;

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

Затраты на электроэнергию составили 1223,8 рублей.

Таблица 4.7 — Накладные расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
1. Электроэнергия	кВт*ч	211	5,8	1223,8
2. Печать на листе А4	шт.	200	0,8	160
3. Доступ в интернет	месяц	4	350	1400
<b>Итого</b>				<b>2783,8</b>

#### 4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.8.

Таблица 4.8 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИИ	716
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76671,9
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9200,6
4. Отчисления во внебюджетные фонды	23271,5
5. Затраты на специальное оборудование для научных работ, с учетом амортизации	1342
6. Накладные расходы	2783,8
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>113985,2</b>

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Так как разработка имеет аналог, бюджет затрат НТИ которого составляет 91633,46 руб, то интегральный финансовый показатель разработки будет определяться, как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{\text{р1}}}{\Phi_{\text{р2}}} = \frac{113985,2}{91633,46} = 1,25$$

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.18)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в форме таблицы, где оценки исполнителя 1 это оценки разработчика данного проекта, а оценки исполнителя 2 – оценки разработчика проекта-аналога. (таблица 4.9).

Таблица 4.9 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исполнитель 1	Исполнитель 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,20	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4
4. Энергосбережение	0,20	4	4
5. Надежность	0,25	4	5
6. Материалоемкость	0,05	3	3
<b>ИТОГО</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>25</b>

$$I_{p-\text{исп.1}} = 5 \times 0,2 + 4 \times 0,2 + 3 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,25 + 3 \times 0,05 = 4,00;$$

$$I_{p-исп.2} = 5 \times 0,2 + 4 \times 0,2 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 5 \times 0,25 + 3 \times 0,05 = 4,40;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле, где  $I_{финр}^{исп.2} = 0,80$  взят у разработчика проекта-аналога:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,00}{1,25} = 3,2.$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{4,40}{0,80} = 5,50.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.4.10) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{3,2}{5,50} = 0,58.$$

Таблица 4.10 — Эффективность разработки

№ /п	Показатели	Исполнитель 1	Исполнитель 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1,25	0,80
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4	4,40
3	Интегральный показатель эффективности	3,2	5,50
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,58	1,37

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Анализируя данные таблицы 16, можно сказать, что проект второго исполнителя является более ресурсоэффективен с финансовой точки зрения.