

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции
УДК <u>621.039.54:621.039.58:621.311.25:621.039</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Исмаилов Н.Р.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Степанов Б.П.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП

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

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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.

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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 науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
23.04.2018 Бычков П.Н.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Исмаилов Наиль Ренатович

Тема работы:

Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1550/с от 27.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ul style="list-style-type: none"> — АЭС с водо-водяным реактором; — план объекта; — требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта и технологического процесса; — угроза: диверсия; — оборудование лаборатории неразрушающего контроля;
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> — анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте; — формирование и выделение требований к оснащению элементами комплекса инженернотехнических средств физической защиты на основе определения модели нарушителя и

	сценариев совершения несанкционированных действий; мероприятия в рамках систем учета и контроля ядерных материалов (выделение объекта зон исходя из требований организации охраняемых зон, СФЗ и ЗБМ для СУиК ЯМ); определение категорий ЯМ.
Перечень графического материала	Презентация Генеральный план объекта Спецификация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
Нет	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Степанов Б.П.	к.т.н.		23.04.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Исмаилов Н.Р.		23.04.2018

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Исмаилов Наиль Ренатович

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических и трудовых ресурсов	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– Единый социальный налог – 30 %; – НДС – 20 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Организация и планирование работ	– Расчет продолжительности этапов работ; – Построение линейного графика работ; – Расчет накопления готовности проекта.
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	
3. Оценка экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Линейный график работ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.05.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН ШИП	Конотопский В.Ю.	к.э.н.		06.05.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Исмаилов Н.Р.		06.05.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Исмаилов Наиль Ренатович

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

07.05.2019

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		07.05.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Исмаилов Н.Р.		07.05.2019

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (специальность) 14.03.02. Ядерные физика и технологии

Уровень образования высшее

Отделение школы (НОЦ) Ядерно-топливного цикла

Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.04.2019	Выдача задания	
30.04.2019	Проведение анализа уязвимости ядерного объекта	
08.05.2019	Выделение рубежей охраны	
20.05.2019	Проведение измерений и анализ полученных результатов	
13.06.2019	Сдача работы	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Степанов Б.П.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ядерные физика и технологии	Бычков П.Н.	к.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 73 страницы, 7 рисунков, 13 таблиц, 1 приложение.

Ключевые слова: ядерный объект, ядерный материал, система физической защиты, система учета и контроля, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, внутренняя зона ядерного объекта, анализ уязвимости, людской контрольно-пропускной пункт, модель нарушителя.

Целью работы является формирование условий для безопасной эксплуатации ядерного объекта с реактором типа ВВЭР-1000.

Объектом исследования являются вопросы организации и функционирования систем физической защиты, учета и контроля ядерных материалов.

В процессе работы проводился анализ нормативно-правовых актов по вопросам организации и функционирования СФЗ и СУиК ЯМ на ЯО, сформулированы требования к оснащению элементами КИТСФЗ ВЗ. Выделены ЗБМ и установлены основные организационные мероприятия в рамках УиК.

Сокращения

АКПП – автомобильный контрольный пропускной пункт;

АЭС – атомная электростанция;

ВЗ – внутренняя зона;

ВПФ – вредные производственные факторы;

ГСУиК ЯМ – государственная система учета и контроля ядерных материалов;

ЖДКПП – железнодорожный контрольный пропускной пункт;

ЗБМ – зона баланса материалов;

ЗЗ – защищенная зона;

ИР – инвентаризационная разница;

ИТСФЗ – инженерно-технические средства системы физической защиты;

КТИ – контрольная точка измерений;

КИТСФЗ – комплекс инженерно-технических средств физической защиты;

ЛКПП – людской контрольный пропускной пункт;

МБО – межбалансовый отчет;

МБП – межбалансовый период;

НСД – несанкционированный доступ;

ОВЗ – особо важная зона;

ОПФ – опасные производственные факторы;

ОТВС – облученная тепловыделяющая сборка;

ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;

ПИ – подтверждающие измерения;

ПНСД – последствия несанкционированных действий;

ПФЗ – предмет физической защиты;

РИК – рабочая инвентаризационная комиссия;

РФ – Российская федерация

СКД – средства контроля доступа;
СКУД – система контроля и управления доступом;
СО – средство обнаружения;
СОС – система охранной сигнализации;
СОСО – система оперативной связи и оповещения;
СОЭН – система оптико-электронного наблюдения;
СФЗ – система физической защиты;
СФНК – список фактически наличного количества;
СУиК – система учета и контроля;
ТВС – тепловыделяющая сборка;
ТВС – тревожно-вызывная сигнализация;
УиК ЯМ – учет и контроль ядерных материалов;
ФИ – физическая инвентаризация;
ХОЯТ – хранилище отработавшего ядерного топлива;
ЦПУ – центральный пульт управления;
ЭВМ – электронно-вычислительная машина;
ЯМ – ядерные материалы;
ЯО – ядерный объект;
ЯТЦ – ядерный топливный цикл.

Оглавление

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП	2
Реферат	10
Сокращения.....	11
Введение.....	16
1 Организация и функционирование систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте.....	18
1.1 Виды деятельности в области использования атомной энергии.....	18
1.2 Организация и функционирование системы физической защиты.....	19
1.2.1 Задачи СФЗ	20
1.2.3 Категорирование ПФЗ и выделение охраняемых зон	22
1.2.4 Комплекс инженерно-технических средств	23
1.3 Организация государственной системы учета и контроля ЯМ.....	24
1.3.1 Процедуры УиК.....	24
1.3.2 Перемещение ЯМ на ЯО	25
1.3.3. Физическая инвентаризация	26
2 Описание методов и процедур проведения исследования	28
2.1 Анализ уязвимости ЯО	28
2.1 Описание объекта.....	30
2.2 Модель нарушителя	33
2.3 Методы измерения характеристик ядерного топлива	35
3 Результаты проектирования и измерения.....	37
3.1 Организация ЗБМ на ЯО	37
3.2 Оснащение внутренней зоны элементами КИТСФЗ.....	40

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
4.1 Организация и планирование работ	42
4.1.1 Продолжительность работ.....	43
4.1.2 Расчет накопления готовности проекта	48
4.1.3 Расчет сметы на выполнение проекта.....	49
4.1.4 Расчет затрат на материалы	50
4.1.5 Расчет заработной платы.....	51
4.1.6 Расчет затрат на социальный налог.....	52
4.1.7 Расчет затрат на электроэнергию	52
4.1.8 Расчет амортизационных расходов	53
4.1.9 Расчет прочих расходов.....	54
4.1.10 Расчет общей себестоимости разработки	55
4.1.11 Расчет прибыли	55
4.1.12 Расчет НДС	56
4.1.13 Цена разработки ВКР.....	56
4.1.14 Оценка экономической эффективности проекта	56
5 Социальная ответственность	57
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	58
5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭВМ.....	59
5.2.1 Организационные мероприятия.....	59
5.2.2 Технические мероприятия.....	60
5.3 Условия безопасной работы.....	62
5.4 Электробезопасность	65
5.5 Пожарная и взрывная безопасность	66

Заключение	69
Список использованных источников	70

Введение

Значительные усилия в мире прилагаются к тому, чтобы обеспечить безопасное обращение с ядерными материалами. В том числе оно направлено на обеспечение сохранности и непрерывности знаний о ядерном материале. Подразумеваются три главные составляющие безопасного обращения: физическая защита, учет и контроль ядерных материалов. Основная цель мероприятий по учету и контролю ядерных материалов – предотвращение хищений и его несанкционированного использования.

Физическая защита ядерных материалов предназначена для предотвращения хищений ядерных материалов и диверсий в отношении ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов.

Общий подход заключается в обеспечении защиты от проектной угрозы посредством создания системы, основанной на сочетании персонала, технических средств, процедур с учетом их совместимости с безопасностью установки. Для осуществления физической защиты реализуется система физической защиты (СФЗ), которая представляет собой единую систему планирования, координации, контроля и реализации комплекса технических и организационных мер для осуществления физической защиты [9].

Функционирование эффективной системы физической защиты, способной выполнять поставленные задачи и противостоять выделенным угрозам, зависит не только от ее технической организации и реализации, но и от процесса управления этой системой.

Целью данной работы является обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции с водо-водяным реактором.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проведение анализа уязвимости ядерного объекта;

- формирование и выделение требований к оснащению элементами КИТСФЗ и мероприятий по организации СУиК ЯМ;
- оснащение элементами КИТСФЗ контрольно-пропускных пунктов на границах внутренних зон;

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

1.1 Виды деятельности в области использования атомной энергии

Атомная электростанция является объектом промышленного назначения и ввиду его опасного производства, к проектированию данного объекта предъявляются высокие требования создания безопасности.

Согласно [1], в РФ установлены такие принципы, как:

- обеспечение безопасности при использовании атомной энергии, то есть необходима защита от радиационной опасности как населения, так и окружающей среды;
- осуществление и соблюдение международных гарантий и обязательств в использовании атомной энергии в РФ;
- создание абсолютного доступа к информации, связанной с использованием атомной энергии, за исключением информации, содержащей государственную тайну;
- принятие решений и реализация своих полномочий, благодаря независимости органов государственного регулирования от органов управления и организаций, которые совершают деятельность в области использования атомной энергии;
- обсуждение государственной политики, практической деятельности и проектов в области использования атомной энергии в РФ вместе с гражданами разных организаций и иными юридическими лицами, связанными с атомной отраслью;
- разграничение функций и ответственности уполномоченного органа управления, органов государственного регулирования безопасности, органов управления использованием атомной энергии, которые совершают деятельность в области использования атомной энергии;
- компенсация ущерба, в следствие причиненного вреда из-за радиационного воздействия; оказание работникам объектов использования

атомной энергии за негативное воздействие ионизирующего излучения на здоровье человека и за дополнительные факторы риска

– социально-экономическое возмещение: для граждан, которые осуществляют трудовую деятельность вблизи районов расположения таких объектов, необходимо обеспечить им социальную защиту [4];

Как один из видов деятельности, на которую распространяется [1] – физическая защита (ФЗ) ядерных установок, ядерных материалов и пунктов хранения ядерных материалов направлена на предотвращение несанкционированных действий в отношении ядерных материалов, установок и пунктов хранения. К несанкционированным действиям можно отнести: акты диверсии, которые угрожают безопасности пунктам хранения ЯМ, ядерным установкам и радиационным источникам; порча или хищение ЯМ.

На государственном уровне рассматривают систему физической защиты (СФЗ) ядерных объектов [5]. Без неё запрещено вести деятельность в области атомной промышленности. Данная система одновременно включает в себя несколько систем:

- координации;
- планирования;
- контроля;
- осуществления организационных и технических мер.

1.2 Организация и функционирование системы физической защиты

В состав государственной системы физической защиты входят [1]:

- федеральные органы исполнительной власти, выполняющие координационные действия по управлению ядерными объектами;
- федеральные органы исполнительной власти, которые содействуют в проектировании, улучшении и реализации физической защиты;
- федеральные органы исполнительной власти, которые выполняют государственный надзор за физической защитой;

- объекты на которых есть ядерная установка, ядерный материал, или пункты хранения ядерного материала;
- ГК «Росатом».

Можно сделать вывод, что государственная СФЗ осуществляется на каждом уровне: от отраслевого до государственного. Это гарантирует безопасность, как объектов атомной промышленности, так и населения, опасющегося такого производства [2, 3].

На отраслевом уровне, руководитель ядерного объекта совместно с начальником оперативного штаба войск национальной гвардии и представителем органов внутренних дел, посредством обсуждения и принятия определенных решений, должны:

- создавать СФЗ;
- обеспечивать функционирование СФЗ;
- вовлекать сторонние организации, с помощью которых, возможно решить задачи физической защиты;
- разрабатывать идеи по улучшению СФЗ.

Таким образом, можно контролировать данные процессы, а с помощью анализа уязвимости, возможно выявить угрозы или каких-либо нарушителей, на ранних стадиях.

1.2.1 Задачи СФЗ

В настоящем времени, СФЗ включает в себя: совокупность организационных мер, персонал физической защиты и комплекс инженерно-технических средств [5]. АЭС находятся под постоянным контролем, в результате совместных действий работников ЯО и ФЗ, которые разрабатывают распорядительные документы, составляю план действий и соблюдают разграничение ответственности между своими подразделениями.

Перед СФЗ стоит ряд задач, при выполнении которых на ядерном объекте, можно гарантировать безопасность предметов физической защиты.

Благодаря, предупреждениям о незаконном или несанкционированном действии, ведомственная охрана или сотрудники национальной гвардии, могут предотвратить какие-либо диверсионные акты [13].

Сотрудники национальной гвардии значительно экономят время, при своевременном обнаружении НСД, благодаря КИТСФЗ, что позволяет сократить дистанцию с нарушителями в краткие сроки [6].

С помощью разных технических средств, которые входят в состав СФЗ, осуществляется замедление нарушителя, тем самым удерживая его на объекте дольше, создавая запасное время для групп реагирования.

Сотрудники национальной гвардии и ведомственная охрана ведут постоянный визуальный контроль, перемещаясь по всему объекту, согласно уставу, что делает ядерный объект почти неуязвимым в любой точке, из-за быстрой нейтрализации нарушений [10].

Помимо визуального контроля, сотрудники национальной гвардии и ведомственная охрана осуществляют аналитическую работу и выполняют ряд практических заданий, в процессе анализа уязвимости ядерного объекта. Благодаря тестовым заданиям, они проверяют свою боеготовность к реагированию на разные ситуации. Раз в три месяца, по рекомендациям руководителя ядерного объекта проводятся технические мероприятия для проверки организации систем физической защиты, при которой можно выявить недочеты данной системы на определенном объекте.

Для того, чтобы группа реагирования сработала правильно, необходимо заранее провести оценку НСД по части предметов физической защиты, категоризировать их и помещения, где находятся ПФЗ, выделяя специальные зоны, ограничивая определенным периметром и разделяя по классам каждую охраняемую зону. С помощью такого подхода, возможно усилить данные зоны большим количеством охраны и увеличить частоту проверок определенных зон, соответствуя требованиям федерального закона.

Разрабатывая документацию по организации СФЗ, важно учитывать требования и правила физической защиты по отношению к ПФЗ. Таким

образом, можно организовать эффективную систему работы как служб безопасности, так и персонала ФЗ с инженерными техническими средствами. Контроль за выполнением требований по физической защите повышает безопасность промышленного объекта.

1.2.3 Категорирование ПФЗ и выделение охраняемых зон

Категорированием является присвоение приоритета или степени важности для каких-либо объектов, что отличает их в использовании и соответствующего отношения к ним. В атомной промышленности, предметами физической защиты являются ядерные материалы, ядерные установки или пункты хранения ядерных материалов. В зависимости от категории, которая присваивается за определенные признаки, для ПФЗ должны создаваться такие условия защиты, которые способны усложнить путь получения этих предметов и открытого доступа к ним.

Категорирование ЯМ проходит таким образом, что учитывается несколько параметров, по которым присваивается приоритет [5]. В данном случае рассматривается вид ядерного материала, степень его облучения, содержание изотопов в веществе, и масса. В случае, когда рассматривается смесь разных ядерных материалов, то категоризация проходит по элементу, который принадлежит к более высокому приоритету.

Здания, разные сооружения, помещения категорируются, в зависимости от местонахождения ПФЗ, если они внутри или на близком расстоянии. При организации размещения ПФЗ, предъявляются особые требования. Как правило, существуют три охраняемые зоны [5], с разными степенями важности. Первая – особо важная зона (ОВЗ), которая находится во второй – внутренней зоне (ВЗ), а ВЗ находится в третьей – защищенной зоне (ЗЗ).

1.2.4 Комплекс инженерно-технических средств

Для того, чтобы обеспечивать постоянную безопасность предметов физической защиты, необходимо пользоваться средствами, которые способствуют быстрому обнаружению, дистанционному наблюдению, санкционированному доступу, защищенности помещений и связующим звеном между работниками ядерного объекта и рабочими, осуществляющими физическую защиту.

КИТСФЗ подразделяется на две составляющие [5]: инженерные и технические средства. Инженерными средствами СФЗ являются физические барьеры, специально разработанные конструкции (противотаранные устройства, стены, двери, ворота) и средства ограждения для охраняемых зон.

Техническими средствами называют предметы, входящие в некоторые функциональные системы, у каждой из которых есть своя роль в СФЗ, к примеру: видеорекамеры входят в состав функциональной системы оптико-электронного наблюдения, что позволяет отслеживать действия сотрудников, в случае их нестандартного поведения; турникеты, считыватели биометрических данных, магнитные датчики относятся к функциональной системе контроля доступа, которая исключает возможность НСД и организует доступ в ЯО; тревожно-вызывная кнопка для оповещения персонала СФЗ о возможном подрыве, или проникновении на объект, в обход контрольно-пропускного пункта с этим помогает справиться функциональная система тревожно-вызывной сигнализации. Всего существует восемь разных систем, которые позволяют комплексно подойти к решению проблем безопасности, снижая риск любого диверсионного акта, хищения и других нарушений. Управление такими системами осуществляется персоналом СФЗ: сотрудниками Росгвардии, ведомственной охраной и работниками ЯО.

1.3 Организация государственной системы учета и контроля ЯМ

Государственный учет и контроль ядерных материалов включают в себя сбор, регистрацию и анализ информации о количестве, качественном составе и перемещении ядерных материалов и осуществляются путем сплошного непрерывного документального учета всех хозяйственных и технологических операций с ядерными материалами на основе результатов измерений характеристик ядерных материалов, а также проверки достоверности этой информации и ее соответствия фактическому наличию ядерных материалов в местах их нахождения.

Для использования федеральных норм и правил, касающихся ГСУиК, необходимо минимальное количество ядерного материала, по отношению к которому в дальнейшем применяются требования по постановке на учет, контролю и снятию с учета. Размещение ЯМ проходит в зонах баланса материалов, где происходит их пересчет, установление фактически наличного количества и перевод ЯМ в другую ЗБМ. На объекте атомной промышленности ЗБМ организуются там, где в стационарном состоянии находится ЯМ, то есть в ПХЯМ, реакторном отделении, бассейне выдержки.

Выдвигаются требования в таких зонах к виду проверок, периодичности, к подведению баланса материалов, к инвентаризационной разнице, к методам измерения при отправке и получении. Далее составляется отчет на основе этих данных и передается руководителю ЯО.

1.3.1 Процедуры УиК

Согласно [2], при отправке ЯМ должны быть установлены учетные единицы, проведены измерения состава и количества ЯМ, записаны данные о методах измерений. Отправитель высылает предварительное уведомление, приходно-расходную и сопроводительную документацию руководителю ЯО, который принимает заказ. Прежде чем поставить на УиК ЯМ, груз должен быть

проверен получателем на наличии НДС, проникновений или хищения в период трех дней. Получатель сверяет пломбировочные устройства, вес ЯМ, совершает визуальный осмотр. Если обнаружена аномалия (отклонения от данных в учетных документах) – он заявляет об этом в федеральные органы исполнительной власти «Ростехнадзор», которые в праве провести проверку по отношению к отправителю. В течение десяти дней после получения, нужно поставить на учет ЯМ, провести подтверждающие измерения и убедиться в непревышении допустимой погрешности расхождения результатов данных отправленного и принятого ЯМ [14].

После постановки на учет, осуществляется контроль за ЯМ, его перемещением и наличием в зонах баланса материалов.

1.3.2 Перемещение ЯМ на ЯО

После получения и проведения подтверждающих измерений ЯМ, в случае с реакторами типа ВВЭР–1000 его везут в реакторное отделение, где отгружают часть ЯМ в реактор и в находящийся рядом склад ТВС. Остальную часть перемещают в пункт хранения ЯМ и оставляют его до следующей загрузки.

Для помещения топлива во внутреннюю зону, которая оснащается комплексом инженерно-технических средств, необходимы распорядительные документы от руководителя ЯО с подписью: о соответствии данных в этих документах уполномоченным лицом ЗБМ отправителя.

За весь период перемещения ЯМ на ЯО, должна обеспечиваться СФЗ, которая обеспечивает безопасность ПФЗ. С помощью персонала ФЗ производится контроль и сопровождение из одной в другую ЗБМ.

1.3.3. Физическая инвентаризация

При поступлении в новую ЗБМ, проводится первичная физическая инвентаризация (ФИ), то есть определение принятого в ЗБМ фактически наличного количества ЯМ. По решению руководителя ЯО, распорядительным документом создаются две комиссии, которые отвечают за ФИ. Центральная и рабочая инвентаризационная комиссия в состав которых входят рабочие разных должностей, в центральной – главный инженер, бухгалтер и ответственный за постановку на учет ЯМ, они утверждают список людей, которых также можно включить в ЦИК.

Первичная ФИ включает в себя подготовку, проверку состояния пломб на учетных единицах, проверку атрибутивных признаков [24], анализ данных систем контроля доступа, оценка количества ЯМ с документальным значением и полученным, считают инвентаризационную разницу и составляют отчет, который передается руководителю ЯО. При ФИ останавливают реактор, для загрузки ЯМ и его пересчета.

Периодичность проведения плановой ФИ варьируется от категории ЯМ в ЗБМ. Каждые два месяца ФИ проводится в ЗБМ с ЯМ первой категории. Каждые три месяца для второй категории, шесть месяцев – для третьей категории и двенадцать месяцев для четвертой категории ЯМ. Такую периодичность вызывает межбалансовый период (МБП), в результате которого отслеживается актуальное состояние ЯМ.

Внеплановая ФИ выполняется в результате непредсказуемых обстоятельств, к примеру диверсионный акт, совершенный на ЯО, который был предотвращен, до его совершения может вызвать последовательность операций по проверке количества ЯМ и его состояния; при полном прекращении работы или изменении организационно-правовой формы – происходит пересчет СФНК ЯМ.

Любая транзакция ЯМ должна быть записана в учетных документах, так как одна и та же учетная единица не может находиться в разных ЗБМ. После

процедур ФИ составляются отчетные документы, которые отправляют в государственную корпорацию «Росатом» для дальнейшего анализа и принятия дальнейших решений.

2 Описание методов и процедур проведения исследования

2.1 Анализ уязвимости ЯО

Проведение анализа уязвимости является важным этапом при проектировании АЭС. Расположение производственных зданий на территории АЭС зависит от разных внешних и внутренних факторов.

ПФЗ находятся под постоянным контролем, но даже при самой высокой бдительности, есть вероятность на диверсию или хищение. Методы террористических актов могут меняться, в следствие развития технологий и внедрения инноваций. Для этого проводятся организационные меры по защите таких объектов. С каждым разом персонал ФЗ должен совершенствоваться и использовать новые технические средства, соответствующие высокотехнологичным разработкам в мире. Следовательно, анализ уязвимости можно назвать анализом нынешней ситуации по состоянию защиты в отношении ПФЗ, насколько эффективна работа, установленного КИТСФЗ и службы безопасности в данный момент времени при разных сценариях проникновения на объект.

На предпроектном этапе проводят анализ: по периметру территории – изучают климат, особенности места, населенные пункты рядом с АЭС; ПФЗ располагают в таком месте, чтобы затруднить доступ. Для этого исследуют его места хранения (температура, изолированность, безопасность). Моделируются возможные угрозы и нарушители, что способно заранее определять негативные цели по отношению к ПФЗ и нейтрализовать их.

При создании и совершенствовании СФЗ меняются технические средства, расположения их в помещениях, так как появляются новые характеристики, которые помогают выполнять те же функции, но гораздо быстрее и качественнее, что в итоге упрощают работу с такими устройствами. При таких условиях также должен проводиться анализ уязвимости, который помогает коррелировать работу технических средств с программным обеспечением и реагировать на разного рода ситуации. Также меняется схема

действий персонала ФЗ и служб безопасности, их маршруты и количество сотрудников в определенном участке охраняемой зоны [8].

СФЗ строится по теоретическим предположениям о том, как ведет себя гипотетический нарушитель. Для этого, научились распознавать и классифицировать такого человека, или группу лиц по определенным критериям. К примеру: бывает внешний нарушитель, по профессии он может быть кем угодно и практически не знать о расположении ПФЗ, но в этом ему поможет внутренний нарушитель, обладая определенной информацией и имеющий некоторый доступ к знаниям о нахождении ПФЗ. Им принадлежат разные характеристики, но результат всегда одинаков, так как он направлен в сторону ПФЗ.

Принято считать, что существует пять типов потенциальных нарушителей: внешние первого и второго типа, внутренние первого, второго и третьего типа.

К первому типу внешнего нарушителя относят одного человека или группу людей, с намерением подорвать ПФЗ или похитить ЯМ в корыстных целях. При совершении действия – быстро покидают объект. Чаще всего находятся в сговоре с сотрудниками службы безопасности объекта, что помогает нарушителям проникнуть тайно на объект.

Ко второму типу внешнего нарушителя относится диверсионно-террористическая группа, которая совершает открытое нападение на объект, преодолевая физические барьеры на транспортных средствах и оказывают физическое сопротивление с помощью оружия, с проникновением на объект могут захватить людей в заложники.

К внутреннему нарушителю первого типа относится рабочий ЯО, который обладает некоторой информацией о СФЗ и нахождении ПФЗ, не имея к ним доступа и пропуска в помещения, где хранится ЯМ. Может участвовать в тайных акциях по подготовке к диверсионному акту и помочь внешним нарушителям в прохождении на объект.

К внутреннему нарушителю второго типа относится рабочий ЯО, который имеет доступ к ЯМ, но находится под более жестким контролем у служб безопасности, что создает больше препятствий для сговора.

К внутреннему нарушителю третьего типа относится сотрудник безопасности ЯО, который выступает как организатор и ведет скрытую тактику. Может договариваться как с внешними, так и с внутренними нарушителями, имея более высокую категорию доступа к ПФЗ.

При любом акте проникновения, персонал ФЗ должен проявлять максимум усилий по предотвращению последствий и нейтрализации нарушителя.

2.1 Описание объекта

Гипотетический объект представлен в виде АЭС, с реакторами типа ВВЭР-1000, которые являются самыми распространенными в мире.

Ядерным топливом для такого типа реакторов является диоксид урана, слабообогащенный 4,4 % по изотопу U^{235} , представленный в виде таблеток, которые находятся в тепловыделяющих элементах, а те – в тепловыделяющей сборке, которые загружают в активную зону реактора.

Расположение АЭС на прямую зависит от климата, температурного градиента и местности, чтобы ограничить доступ для населения.

Местность для АЭС:

- отдаленность от населенных пунктов на 3 км;
- водохранилище на левом берегу, что позволяет использовать воду в замкнутой схеме ВВЭР, как охладитель;
- защитные насаждения в виде деревьев и кустарников, вдоль автомобильной дороги, ведущей к АЭС;
- малозначимая земля, с точки зрения сельского хозяйства;
- ровный рельеф;

- отличный обзор с территории АЭС на прилегающие земли во все четыре стороны;
- отсутствие каких-либо зданий, сооружений, входящих в радиус санитарно-защитной зоны.

Температура летом варьируется от 22 до 28 градусов, зимой от минус 6 до минус 15, влажность воздуха высокая – до 70 % в среднем за год.

Проход на станцию производится через КПШ, привоз нового топлива осуществляется по железной дороге, проезжая при этом ЖДКПП, протяженность объекта составляет 2,6 км с одной стороны, 1,3 км с другой. Общий план расположения здания на объекте можно увидеть на рисунке 1, для более детального представления, необходимо воспользоваться приложением А.

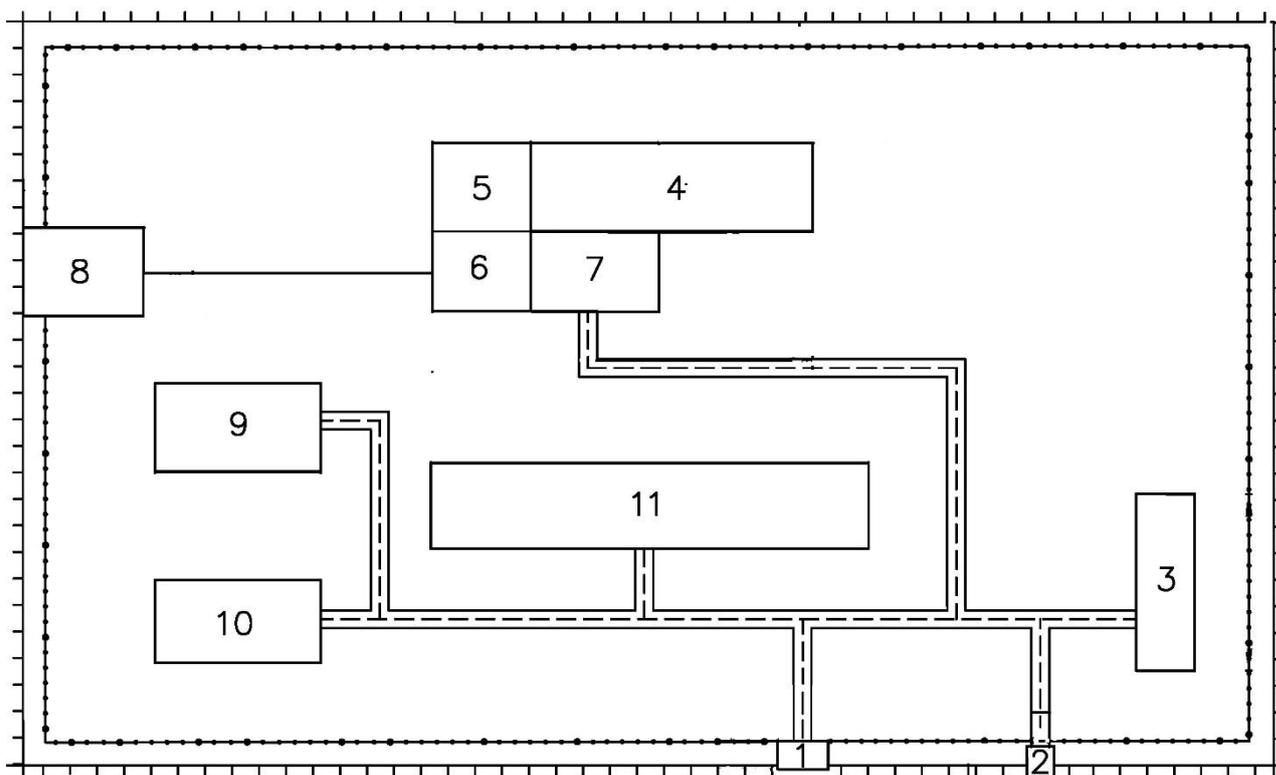


Рисунок 2.1 – План ядерного объекта

При поступлении ядерного топлива на АЭС, его привозят в хранилище свежего топлива или узел свежего топлива по железной дороге, который находится в здании вместе с реакторами, рассчитанный на одновременную работу с энергоблоком. В этом здании происходит выгрузка СТВС в ТУКах,

из ТУК происходит разукomплектация и обратная погрузка в специальный чехол, вмещающий в себя 18 ТВС.

Таблица 2.1 – Характеристика СТВС

Топливо	Обогащение, %	Длина ТВС, м	Диаметр ТВС, мм	Масса ТВС, кг	ТВС в активной зоне, шт
UO ₂	4,4	4,65	238	760	163

Далее происходит перемещение СТВС из пункта хранения ЯМ в реакторное отделение. Осуществляется пересчет ЯМ, затем СТВС передаются в центральный зал на энергоблок, через транспортный коридор. В коридоре, куда отгружают чехол с СТВС, находится люк, который связывает этот коридор с центральным залом. Загруженный чехол, сначала с помощью поворотного стола, который находится в люке, нагружают до 6 чехлов, обращая его вокруг своей оси, затем с помощью полярного крана, транспортируют в универсальное гнездо бассейна выдержки.

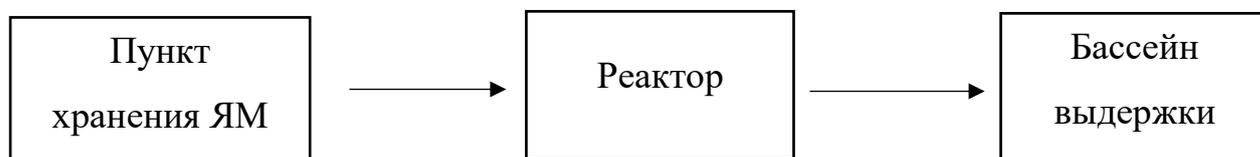


Рисунок 2.2 – Этапы обращения ядерного топлива на объекте

Руководство принимает решение по перегрузке реактора, в следствие этого СТВС из чехла погружаются в активную зону. Но существует и промежуточный этап, ТВС располагают на стеллажах бассейна выдержки, благодаря перегрузочной машине, для временного хранения. Такой этап экономит время при следующей перегрузке реактора через полтора года, меняя третью часть топлива, сокращая холостые пробеги машины.

Остановив реактор, ОЯТ извлекают из активной зоны реактора и помещают в бассейн выдержки, с растворенной борной кислотой в воде, создавая радиационную защиту и охлаждение ТВС, где оно находится до трех

лет, снижая свою активность. По истечению времени, ОТВС отправляются на завод по регенерации топлива, где оно проходит химическую обработку, очистку от продуктов деления с высоким энергетическим излучением и выделением урана и плутония, для дальнейшего использования в виде топлива.

2.2 Модель нарушителя

Как уже упоминалось ранее, существуют пять общих типов моделей нарушителя. Все его действия направлены по приобретению, либо диверсии по отношению к ПФЗ, находящихся на объекте.

Категоризация ПФЗ способствует глубокоэшелонированной защите от внешних воздействий, по степени их значимости и опасности, что поддерживает стабильное положение на объекте.

На гипотетическом объекте размещен ЯМ – 160 ТВС с обогащением 4,4 %, что приблизительно 72 тонны и из них 3 тонны U^{235} в пунктах хранения, реакторном отделении в бассейнах выдержки. Категорирование проходило согласно постановлению правительства РФ [2].

Таблица 2.2 – Результаты категорирования ПФЗ

	Тип информации	Категория	Категория ПФЗ	Расположение
СТВС	ЯМ	II	В	Внутренняя зона
	ПНСД	II		
	Степень секретности	-		
ОТВС	ЯМ	II	Б	Внутренняя зона
	ПНСД	I		
	Степень секретности	-		

Угрозой для ПФЗ является диверсия, поэтому уязвимыми точками будут места, где находится ЯМ, то есть в пункте хранения или реакторном отделении.

В таких случаях воздействуют либо напрямую, либо косвенно, что может привести к разрушению ПФЗ [7].

Таблица 2.3 – Модель нарушителя

Характеристика	Описание
Тип нарушителя	Комбинированный
Цель	Диверсия по отношению к ПХЯМ
Количество нарушителей	3 (первый - внутренний нарушитель третьего типа, второй и третий экстремисты)
Мотивация действий внешних нарушителей	Идеологическая (экстремизм)
Мотивация внутреннего нарушителя	Личная
Вооружение, инструменты	Чемодан с инструментами, взрывчатое вещество
Уровень осведомленности о ЯО, уязвимых местах технологического процесса и функционировании СФЗ	Высокий
Уровень подготовленности	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 скрытой тактикой проникновения на объект, диверсионный акт в ПХЯМ, в случае раскрытия действий нарушителей, тактика переходит в насильственную, по отношению к персоналу ЯО, а именно самоподрыв.

Сценарий действий:

Внутренний нарушитель вступает в сговор с внешними, рассказывая им информацию о приезде ремонтной бригады для починки систем видеонаблюдения в ЛКПП в назначенное время. Внешние нарушители под

видом ремонтной бригады, проходят по поддельным документам и проносят взрывчатку в чемодане с инструментами.

Далее направляются к ЛКПП ВЗ на машине, проходят в ПХЯМ и взрываются, что приводит к взрыву помещения и наносит вред свежему топливу. Схема передвижений изображена на рисунке 2.

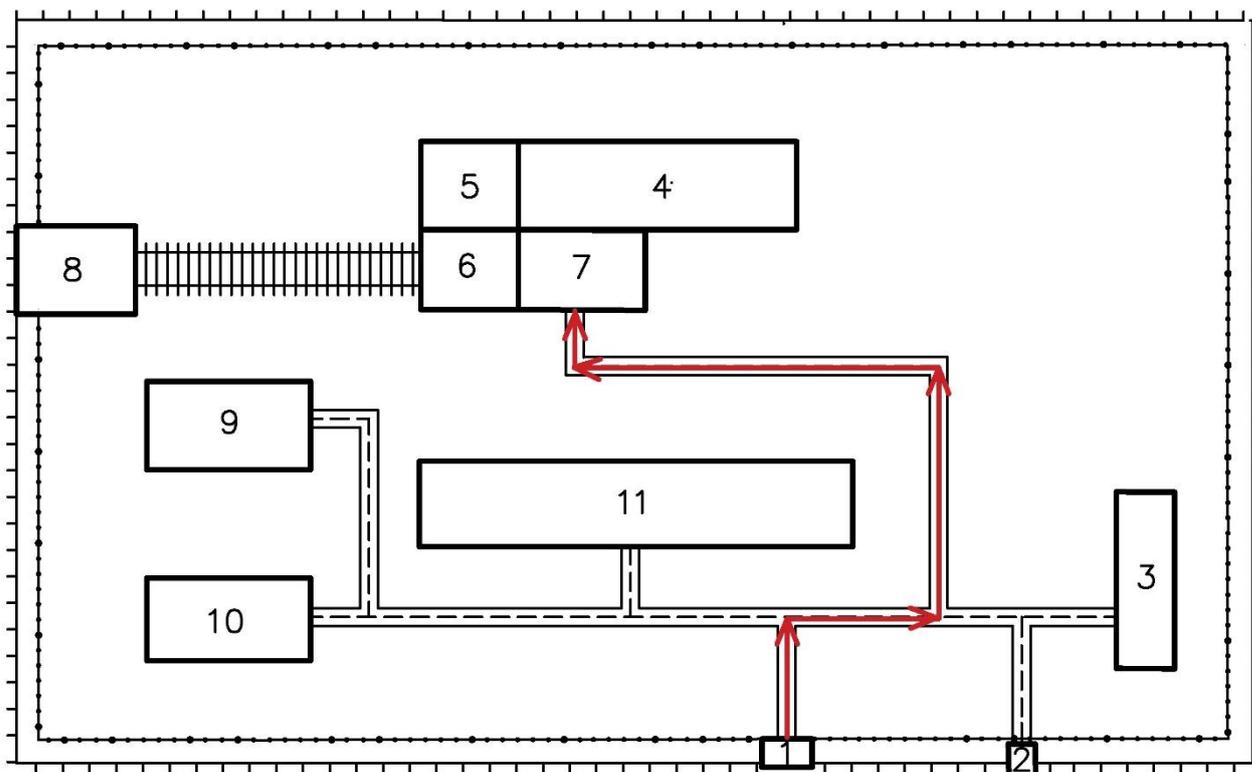


Рисунок 2.3 – Схема передвижения нарушителей

2.3 Методы измерения характеристик ядерного топлива

Ядерное топливо, которое привозят на объект, обладает разными параметрами и атрибутивными признаками, которые указываются в сопроводительных документах. Сверяют пломбы, замки, груз. Далее происходит постановка на учет и топливо становится контролируемым. УИК для ядерного нераспространения – основополагающая деятельность.

Для выполнения гарантий ядерного нераспространения используют различные приборы и методы измерений, анализа ионизирующих излучений. При их действии можно заранее обнаружить отклонения от норм, принятых на

объекте для физической защиты ЯО. Чтобы стабильно выполнять учет ЯМ, необходимо знать количественные и качественные характеристики ЯМ. Существуют два метода их анализа: разрушающий и неразрушающий, которые отличаются тем, что в одном случае мы разрушаем материал, чтобы узнать его характеристики, в другом, анализируем без внешних вмешательств.

На ЯО при перемещении ЯМ, мы используем неразрушающий метод анализа, так как есть возможность анализа сложного изотопного состава радионуклида и количественное определение активности и массы радиоизотопов, после чего делается вывод о сохранности ЯМ с момента его отправления на ЯО. При таком методе используют разные детекторы: сцинтилляционные и полупроводниковые. За счет высокого энергетического разрешения, ППД имеет преимущество перед сцинтилляционным. Большая часть радионуклидов, которые подвергается УиК, испускает гамма-излучение, с помощью него и проводят неразрушающий гамма-спектрометрический анализ. Гамма-частицы обладают большими значениями длин пробега и высокой проникающей способностью, что для ППД улучшает эффективность регистрации при расположении вдали от источника.

Вывод об активности и изотопном составе вещества, основывается на носителях заряда, которым передается энергия гамма-частиц. В результате, происходит движение зарядов в кристалле, в ППД, под действием электрического поля передвигаясь к электродам, попадая в них, сообщает энергию с которой двигался, с помощью предусилителя импульс заряда преобразуется в импульс напряжения, который пропорционален энергии гамма-частицы. Такой сигнал формируется с помощью многоканального анализатора, который выводит значения на графическом дисплее в виде спектра, который дает подробный анализ о веществе. По данной информации проводится идентификация изотопов, определение состава, обогащение у таких элементов как уран и плутоний [17].

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершен комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных [23].

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей не превышает двух, предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этап работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%

Этап работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор исходных параметров	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор методики проектирования	НР, И	НР – 100% И – 80%
Оснащение КИТСФЗ	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

4.1.1 Продолжительность работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя ВКР не

устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов.

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных значений продолжительности работ $t_{ОЖ}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ОЖ} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5} \quad (4.1)$$

$$t_{ОЖ} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (4.2)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 4.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни.

Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях:

$$T_{\text{рД}} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{\text{вн}}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.3)$$

где $K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей;

K_d – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_k = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}} \quad (4.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни;

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни;

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни.

При $T_{\text{КАЛ}} = 365$, $T_{\text{ВД}} = 52$, $T_{\text{ПД}} = 10$.

В таблице 4.2 приведен пример определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3 – 5 реализован экспертный способ по формуле 4.1, при использовании формулы 4.2 необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец для $t_{\text{гроб}}$. Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта, научного руководителя и инженера, с учетом коэффициента $K_d = 1,2$.

Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} \cdot K_d$. Столбцы 8 и 9 – трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_k = 1,212$. Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД, данные столбцов 8 и 9 кроме итогов, позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленного в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	1	2	1,4	1,68	–	2,04	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	1	2	1,4	1,68	0,17	2,04	0,20
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	2	3	2,4	0,86	2,88	1,05	3,49
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,4	1,68	0,17	2,04	0,20
Обсуждение литературы	НР, И	1	2	1,4	0,50	1,68	0,61	2,04
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	1	2	1,4	1,68	1,18	2,04	1,43
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	5	4,4	5,28	4,22	6,40	5,12
Выбор методики проектирования	И	4	6	4,8	–	5,76	–	6,98
Оснащение КИТСФЗ	И	8	10	8,8	–	10,56	–	12,80
Оформление графического материала	И	2	3	2,4	–	2,88	–	3,49
Подведение итогов	НР, И	2	3	2,4	1,73	2,88	2,09	3,49
Итого:				32,2	15,10	32,38	18,30	39,24

Таблица 4.3 – Линейный график работы

Этап	НР	И	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
1	2,04	–	■											
2	2,04	0,20	■	■										
3	1,05	3,49		■	■									
4	2,04	0,20			■									
5	0,61	2,04				■								
6	2,04	1,43					■							
7	6,40	5,12					■	■						
8	–	6,98						■	■					
9	–	12,80							■	■	■	■		
10	–	3,49											■	
11	2,09	3,49												■

4.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (*i*-го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость *i*-го (*k*-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость *i*-го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых *j*-м участником на *i*-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}} \quad (4.5)$$

Применительно к таблице (4.1) величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{\text{общ}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Пример расчета TP_i (%) и CG_i (%) на основе этих данных содержится в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	TP_i , %	CG_i , %
Постановка задачи	4,35	4,35
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	4,35	8,70
Подбор и изучение материалов по тематике	7,45	16,15
Разработка календарного плана	4,35	20,50

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Обсуждение литературы	4,35	24,84
Выбор исходных параметров	4,35	29,19
Выбор методики проектирования	13,66	42,86
Оснащение КИТСФЗ	14,91	57,76
Оформление расчетно-пояснительной записки	27,33	85,09
Оформление графического материала	7,45	92,55
Подведение итогов	7,45	100,00

4.1.3 Расчет сметы на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.1.4 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 – 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в границах, представленных

в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	300	1 уп.	300
Картридж для принтера	1250	1 шт.	1250
Итого:			1550

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны:

$$С_{\text{мат}} = 1550 \cdot 1,05 = 1627,5 \text{ руб.}$$

4.1.5 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083} \quad (4.6)$$

где 25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце при шестидневной рабочей недели.

Пример расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6.6. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 6.1. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.зп}} = 1,188$; $K_{\text{Р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку необходимо первую умножить на интегральный коэффициент:

$$K_{\text{И}} = K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{доп.зп}} \cdot K_{\text{Р}} ; \quad (4.7)$$

$$K_{\text{И}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699.$$

Таблица 4.6 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад руб./мес.	Среднедневная ставка руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	$K_{и}$	Фон з/п, руб.
НР	33664	1342,10	15	1,699	34203,53
И	7864	313,52	32	1,699	17045,41
Итого:					51249

4.1.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование,

составляют 30 % от полной заработной платы по проекту:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3; \quad (4.8)$$

$$C_{\text{соц.}} = 51248,93 \cdot 0,3 = 15375 \text{ руб.}$$

4.1.7 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}, \quad (4.9)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$C_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_{\text{э}} = 5,748$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3.1.1.1 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{ОБ} = T_{РД} \cdot K_t, \quad (4.10)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно.

В ряде случаев возможно определение $t_{ОБ}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{НОМ} \cdot K_C, \quad (4.11)$$

где $P_{НОМ}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности.

Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{ОБ}$, час	Потребляемая мощность $P_{ОБ}$, кВт	Затраты $C_{ЭЛ.ОБ}$, руб.
Персональный компьютер	84	0,3	144,85
Струйный принтер	1	0,1	0,58
Итого:			145

4.1.8 Расчет амортизационных расходов

В данной статье представлен расчёт амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта по следующей формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot t_{OB} \cdot C_{OB} \cdot n}{F_D}, \quad (4.12)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

t_{OB} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г., при 298 рабочих днях и 8-ми часовом рабочем дне, F_D равен:

$$F_D = 298 \cdot 8 = 2384.$$

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

H_A определяется как величина обратная CA , в данном случае это:

$$H_A = \frac{1}{2} = 0,5$$

Зная значения всех коэффициентов, можно рассчитать:

Стоимость ПК 60000 руб., время использования 84 часа, сам ПК:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot t_{OB} \cdot C_{OB} \cdot n}{F_D} = 1057 \text{ руб.}$$

4.1.9 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{ПРОЧ} = (C_{МАТ} + C_{ЗП} + C_{СОЦ} + C_{ЭЛ.ОБ} + C_{AM}) \cdot 0,1. \quad (4.13)$$

Прочие расходы в нашем случае:

$$C_{\text{проч}} = (1627,5 + 51248,93 + 15374,68 + 145,42 + 1057) * 0,1 = 6945 \text{ руб.}$$

4.1.10 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции с водо-водяным реактором».

Таблица 4.8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	1628
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	51249
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	15375
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$	145
Амортизационные отчисления	$C_{\text{АМ}}$	1057
Прочие расходы	$C_{\text{ПРОЧ}}$	6945
Итого:		76399

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 76399$ руб.

4.1.11 Расчет прибыли

Ввиду отсутствия данных, прибыль G рассчитана как 15 % от полной себестоимости проекта:

$$G = C * 0,15 = 11460 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

4.1.12 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли:

$$\text{НДС} = (C + G) \cdot 0,2; \quad (4.15)$$

$$\text{НДС} = (76399 + 11459,83) \cdot 0,2 = 17572 \text{ руб.}$$

4.1.13 Цена разработки ВКР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР}} = C + G + \text{НДС}; \quad (4.16)$$

$$C_{\text{ВКР}} = 76399 + 11459,83 + 17571,76 = 105431 \text{ руб.}$$

4.1.14 Оценка экономической эффективности проекта

Объекты атомной промышленности, где происходит обращение с ядерными материалами, находятся под особым контролем. Вся документация, находящаяся на объекте, засекречена и недоступна.