

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 621.039.54:621.039.58:621.311.25:621.039

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОА5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич		

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

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.
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

P8	<p>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).</p>
P9	<p>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.</p>
P10	<p>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.</p>
P11	<p>Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.</p>
P12	<p>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</p>

	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 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) Бычков П. Н.
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврская работа

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	– АЭС с реактором типа БН-800; – план объекта; – требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта и технологического процесса; – угроза: диверсия.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– 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 инженерно-технических 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 баланса материалов исходя из требований организации охраняемых зон, СФЗ и ЗБМ для СУиК ЯМ); - определение категорий ЯМ.
Перечень графического материала	Схема ядерного объекта – обязательный чертеж.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В. Ю.
Социальная ответственность	Гоголева Т. С.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1 Обеспечение безопасного обращения ядерных материалов на ядерном объекте
2 Описание методов проведения исследования
3 Результаты проектирования
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение
5 Социальная ответственность

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	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. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	– Тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	– Ставка НДС – 20 %; – Затраты на ЕСН – 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Линейный график работ</i>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/Безопасность и нераспространение ядерных материалов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды: повышенный уровень электромагнитных полей, отклонение показателей микроклимата от оптимальных, ионизирующее излучение от ПЭВМ, шум, вибрация; – опасных факторов производственной среды: вероятность возникновения пожара, вероятность поражения электрическим током.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме:	<ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5Г	Гилёв Андрей Евгеньевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии
 Уровень образования Бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	13.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2019	Выдача задания	
30.04.2019	Проведение анализа уязвимости ядерного объекта	
05.05.2019	Выделение рубежей охраны	
15.05.2019	Проектирование	
13.06.2019	Сдача работы	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 11 рисунков, 16 таблиц, 1 приложение.

Ключевые слова: ядерные материалы, комплекс инженерно-технических средств, анализ уязвимости, предмет физической защиты, физическая защита, учет и контроль, обеспечение безопасности, ядерный объект.

Объектом исследования является атомная электростанция с реактором типа БН-800.

Цель работы – формирование требований к обеспечению безопасности при обращении с ЯМ на атомной электростанции с реактором типа БН-800.

В процессе исследования проводились: анализ нормативно-правовых документов в области организации систем физической защиты и учета и контроля ядерных материалов; проектирование оснащения элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты границ защищенной зоны; оценка бюджета на разработку выпускной квалификационной работы; описание рабочего места студента на предмет возникновения вредных и опасных факторов работы.

В результате исследования сформированы практические рекомендации к обеспечению безопасного обращения с ядерными материалами, которое включает в себя организацию системы учета и контроля и системы физической защиты. Результаты работы могут быть использованы предприятиями, осуществляющими производство электроэнергии при организации СФЗ и СУиК ЯМ на ядерном объекте.

Обозначения и сокращения

АКПП – автомобильный контрольный пропускной пункт;
АЭС – атомная электростанция;
БН – реактор на быстрых нейтронах;
ВЗ – внутренняя зона;
ВКР – выпускная квалификационная работа;
ЖДКПП – железнодорожный контрольный пропускной пункт;
ЗБМ – зона баланса материалов;
ЗЗ – защищенная зона;
ИТСФЗ – инженерно-технические средства физической защиты;
КСП – контрольно-следовая полоса;
КИТС – комплекс инженерных и технических средств;
КТИ – контрольная точка измерений;
ЛКПП – людской контрольный пропускной пункт;
ЛПУ – локальный пункт управления;
МБО – межбалансовый отчет;
МБП – межбалансовый период;
НСД – несанкционированный доступ;
ОВЗ – особо важная зона;
ОТВС – облученная тепловыделяющая сборка;
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;
ПК – персональный компьютер;
ПНСД – последствия несанкционированных действий;
ПФЗ – предметы физической защиты;
СКУД – система контроля и управления доступом;
СО – средство обнаружения;
СОС – система охранной сигнализации;
СТВС – свежая тепловыделяющая сборка;
СУиК – система учета и контроля;

СФЗ – система физической защиты;
ТВС – тревожно-вызывная сигнализация;
ТУК – транспортный упаковочный контейнер;
УиК – учет и контроль;
ФИ – физическая инвентаризация;
ФЗ – физическая защита;
ЦПУ – центральный пункт управления;
ЯМ – ядерные материалы;
ЯО – ядерный объект;
ЯТЦ – ядерный топливный цикл

Оглавление

Введение	16
1 Обеспечение безопасного обращения ядерных материалов	17
1.1 Организация системы физической защиты.....	17
1.1.1 Комплекс инженерно-технических средств.....	19
1.1.2 Система охранной сигнализации.....	20
1.2 Система учета и контроля ядерных материалов на ЯО.....	21
1.2.1 Организация зоны баланса материалов.....	22
1.2.2 Категорирование ядерных материалов	23
1.2.3 Физическая инвентаризация	23
2 Описание методов проведения исследования	26
2.1 Анализ уязвимости	26
2.1.1 Описание ядерного объекта	27
2.1.2 Категорирование ПФЗ.....	28
2.1.3 Модель нарушителя	29
2.2 Организация системы учета и контроля на ядерном объекте.....	30
2.2.1 Описание потоков ядерных материалов на ядерном объекте.....	30
2.2.2 Организация ЗБМ	33
3 Результаты проектирования	35
3.1 Оснащение периметра АЭС элементами КИТС	35
3.2 Оснащение людского контрольно-пропускного пункта	37
3.3 Оснащение автомобильного контрольно-пропускного пункта	39
3.4 Оснащение железнодорожного контрольно-пропускного пункта	41

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
4.1 Организация и планирование работ	44
4.2 Продолжительность этапов работ	45
4.3 Расчет накопления готовности проекта	49
4.4 Расчет сметы на выполнение проекта	50
4.5 Расчет затрат на материалы	50
4.6 Расчет заработной платы	51
4.7 Расчет затрат на социальный налог	52
4.8 Расчет затрат на электроэнергию	52
4.9 Расчет амортизационных расходов	53
4.10 Расчет прочих расходов	54
4.11 Расчет общей себестоимости разработки.....	55
4.12 Расчет прибыли	55
4.13 Расчет НДС	55
4.14 Цена разработки ВКР	56
4.15 Оценка экономической эффективности проекта	56
5 Социальная ответственность	57
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	57
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	59
5.3 Условия безопасной работы	62
5.4 Электробезопасность	64

5.5 Пожарная и взрывная безопасность	65
Заключение	68
Список используемых источников.....	69
Приложение А.....	73

Введение

Сегодня использование мирного атома – самое перспективное и экологически безопасное направление развития энергетики. На сегодняшний день по всему миру насчитывается 451 энергоблоков, а суммарное количество выработанной электроэнергии составляет 2 488 ТВт·ч, что составляет почти 11% от всей электроэнергии мира [25].

Но главной задачей атомной энергетики остается обеспечение безопасного обращения с ядерными материалами. Во времена холодной войны оружие, созданное с применением ядерных технологий, показало насколько разрушительной мощностью оно обладает. Поэтому многие террористические организации стремятся заполучить ядерные материалы для использования в своих целях. А единственным способом их получения являются объекты ядерного топливного цикла. Для решения вопросов безопасного обращения с ядерными материалами на ядерных объектах создаются и эксплуатируются система физической защиты и система учета и контроля ядерных материалов.

Целью выпускной квалификационной работы является обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции с реактором типа БН-800.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ нормативно-правовых документов;
- проведение анализа уязвимости ядерного объекта;
- формирование и выделение требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты границ защищенной зоны и мероприятий по организации системы учета и контроля ядерных материалов;
- составление бюджета на разработку выпускной квалификационной работы;
- описание рабочего места студента на предмет наличия вредных и опасных факторов работы.

1 Обеспечение безопасного обращения ядерных материалов

1.1 Организация системы физической защиты

Обеспечение безопасности ядерных материалов при работе с ними достигается выполнением комплекса определенных мер. Безопасность означает состояние защищенности жизненно-важных интересов объекта от угроз, источниками которых являются злоумышленные противоправные (несанкционированные) действий физических лиц (нарушителей), включает в себя:

- ядерную безопасность;
- радиационную безопасность;
- пожарную безопасность;
- технологическую безопасность.

Для корректного функционирования ядерного объекта и безопасного обращения ядерных материалов, на объекте необходимо разработать систему физической защиты (СФЗ) и систему учета и контроля ядерных материалов (СУиК ЯМ), о которых пойдет речь далее.

Под физической защитой принято понимать деятельность в области использования атомной энергии, необходимая для предотвращения несанкционированных действий (хищения или диверсии) в отношении ЯМ, радиоактивных источников (РИ), радиоактивных веществ (РВ), пунктов хранения ЯМ [1].

Физическая защита должна выполнять следующие основные функции:

- предупреждать несанкционированные действия (НСД);
- своевременно обнаруживать НСД;
- задерживать (замедлять) проникновение (продвижение) нарушителей;
- реагировать на НСД и нейтрализовать нарушителей для пресечения НСД [5].

Физическая защита должна обеспечиваться на всех этапах жизненного цикла ядерных материалов и ядерной установки. Для обеспечения физической защиты ядерного объекта на нем создают систему физической защиты.

Создание системы физической защиты должно включать в себя следующие этапы:

- предпроектный этап;
- этап проектирования;
- этап ввода в действие СФЗ;
- этап эксплуатации СФЗ.

Предпроектный этап подразумевает под собой анализ уязвимости требуемого ЯО и категорирование ПФЗ, а также зданий и сооружений, помещений, содержащие ПФЗ.

Проектирование – разработок проекта КИТС и необходимой документации.

Этап ввода в действие СФЗ заключается в установке КИТС, испытание и прием СФЗ. Только после этого комиссия принимает СФЗ и вводит в эксплуатацию.

В свою очередь, система физическая защита включает в себя:

- комплекс инженерно-технических средств (КИТС);
- персонал физической защиты;
- комплекс организационных мероприятий.

Комплексом организационных мероприятий является свод требований и правил в отношении функционирования СФЗ. К ним относятся действия персонала ЯО, персонала ФЗ как в штатных, так и аварийных ситуациях.

Служба безопасности предназначены для пресечения несанкционированных действий нарушителей и их задержанию, после получения информации о НСД.

Рассмотрим подробнее комплекс инженерно-технических средств.

1.1.1 Комплекс инженерно-технических средств

Для того, чтобы СФЗ эффективно функционировала и выполняла свои основные задачи, все ее составные элементы должны четко взаимодействовать между собой и выполнять соответствующие функции.

Комплекс инженерно-технических средств ФЗ представляет собой совокупность инженерных и технических средств охраны и решает следующие задачи:

- обозначение границ охраняемых зон и зон ограниченного доступа;
- санкционированный доступ людей и транспортных средств;
- обнаружение несанкционированного проникновения;
- дистанционное наблюдение для своевременной оценки ситуации при обнаружении несанкционированных действий;
- обнаружение попыток несанкционированного проноса и провоза запрещенных веществ;
- управление функционированием ИТСФЗ и действиями персонала;
- определение на периметрах охраняемых зон времени, места несанкционированного доступа, направления проникновения (продвижения) нарушителей;
- задержку (замедление) проникновения (продвижения) нарушителей;
- связь между должностными лицами персонала физической защиты;
- защищенность помещений пунктов управления, постов и контрольно-пропускных пунктов;
- документирование (протоколирование) сигналов и информации о функционировании элементов КИТСФЗ [3].

Инженерными средствами ФЗ являются физические барьеры, различного рода конструкции и инженерные сооружения. Данные физические препятствия направлены на обеспечение задержки нарушителя, а в случае невозможности задержки, замедления его продвижения в глубь объекта.

Технические средства – это элементы и устройства, направленные на получение всей необходимой информации о НСД нарушителей. В состав технических средств входят элементы и устройства следующих систем:

- система охранной сигнализации (СОС);
- система тревожно-вызывной сигнализации;
- система контроля и управления доступом;
- система оптико-электронного наблюдения и оценки ситуации;
- система оперативной связи и оповещения;
- система защиты информации;
- система обеспечения электропитания и освещения [3].

Все элементы и устройства, применяемые на ядерном объекте, подлежат обязательной сертификации.

1.1.2 Система охранной сигнализации

В рамках данной работы была рассмотрена система охранной сигнализации.

Система охранной сигнализации – комплекс технических средств, предназначенный для получения, обработка, передача и представление информации в заданном виде потребителям о проникновении на охраняемые объекты и о пожаре на них.

Современная охранно-пожарная сигнализация должна:

- обеспечивать круглосуточный контроль территории объекта;
- обнаруживать пожар на самых ранних этапах возгорания;
- точно определять место возгорания или проникновения на объект;
- не иметь ложных срабатываний;
- представлять информацию в простой и удобной форме;
- самостоятельно проводить диагностику исправности устройств;
- контролировать попытки взлома системы;
- иметь резервную систему электропитания.

Элементы и устройства, входящие в состав системы охранной сигнализации характеризуются:

- принципом действия (емкостной, индуктивный, акустический, оптический и т.д.);
- местом применения;
- вероятностью обнаружения;
- формой и размером зоны обнаружения.

1.2 Система учета и контроля ядерных материалов на ЯО

Учет и контроль ЯМ, как и физическая защита, является важным компонентом в обеспечении безопасного нераспространения ядерных материалов. УиК ЯМ направлен на измерение количества ядерных материалов, их характеристик и местоположения, что позволяет постоянно иметь информацию о количестве и месте нахождения ядерных материалов.

Основные критерии, принципы и требования к государственному учету и контролю ядерных и специальных неядерных материалов содержатся в НП-030-12 «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» [6].

Основные принципы учета и контроля ЯМ, отраженные в НП-030-12:

- принцип непрерывности знаний о ЯМ;
- принцип категоризации ЯМ;
- принцип измеряемого материального баланса [4].

СУиК ЯМ любого ЯО предназначена для:

- определения количества ЯМ, имеющих в наличии в местах их непосредственного нахождения;
- составления, регистрации и ведения учетных и отчетных документов;
- предотвращения НСД по отношению к ЯМ;
- предоставления федеральным органам исполнительной власти информации о наличии и перемещении ЯМ.

УиК ЯМ на ЯО подлежат следующие химические элементы: плутоний, уран, торий; нуклиды: U^{233} , U^{235} , Np^{237} , Am^{241} , Am^{243} , Cf^{252} , дейтерий, тритий, Li^6 .

Одним из ключевых элементов учета и контроля ЯМ, является выделение зоны баланса материалов (ЗБМ) и расставление соответствующих контрольных точек измерения (КТИ).

1.2.1 Организация зоны баланса материалов

Зоной баланса материалов является территориально-административно установленная зона в пределах ядерной установки или пункта хранения ядерных материалов для учета и контроля ядерных материалов, в которой определяется количество ядерных материалов при каждом перемещении их в зоне и за ее пределы и производится подсчет баланса ядерных материалов за определенный период времени [6].

ЗБМ организованы таким образом, чтобы:

- масса ЯМ, поступающего и отправляемого, определяется на основе результатов полного пересчета и идентификации УЕ, тары, в которой находится ЯМ по данным сопроводительной документации, паспортным данным;
- была обеспечена возможность проведения физических инвентаризаций ЯМ с установленной частотой;
- было обеспечено прекращение технологических операций с ЯМ на время проведения физических инвентаризаций, включая их отправку из ЗБМ и получение в ЗБМ.

Место в ЗБМ, где проводятся учетные и подтверждающие измерения называется ключевой точкой измерения (КТИ), которые должны быть определены в каждой ЗБМ данного объекта. Выбор КТИ на территории ЗБМ осуществляется таким образом, чтобы обеспечить полный контроль перемещения ЯМ в ЗБМ и за ее пределы [7].

1.2.2 Категорирование ядерных материалов

В рамках УиК ЯМ ядерные и специальные неядерные материалы подлежат обязательному категорированию, отражающее характеристику значимости ЯМ с точки зрения УиК ЯМ.

В НП-030-12 определены соответствующие категории ЯМ. Основными критериями определения категории ЯМ являются масса определенного изотопа, химическая форма. Для урана не менее важным критерием является его степень обогащения.

В зависимости от категории ЯМ, находящегося в ЗБМ, устанавливается периодичность проведения физической инвентаризации.

1.2.3 Физическая инвентаризация

Физическая инвентаризация (ФИ) проводится для того, чтобы определить фактически наличное количество ЯМ, находящегося в конкретной ЗБМ, установить соответствия между фактическими параметрами УЕ и существующими учетными данными, проверить ведения учета и контроля ЯМ, а также для подведения баланса ЯМ, определения ИР и ее погрешности [6].

Физическая инвентаризация делится на:

- первичную;
- плановую;
- внеплановую.

При проведении ФИ должны осуществляться следующие пункты:

- подготовка к ФИ;
- проверка состояния пломб на целостность;
- проведение учетных и подтверждающих измерений;
- составление списка наличного количества ЯМ для ЗБМ на дату инвентаризации;
- проведение оценки значений количества потерь ЯМ;

- составление инвентаризационной комиссией списка фактически наличного количества ЯМ;

- провести расчет инвентаризационной разницы и ее погрешности для каждого ЯМ в ЗБМ.

Физические инвентаризации выполняются с определенной периодичностью. Межбалансовый период (МБП) должен устанавливаться в зависимости от категории ЯМ, находящегося в данной ЗБМ.

ФИ должны проводиться не реже:

- двух календарных месяцев для ЗБМ с ЯМ категории 1;

- трех календарных месяцев для ЗБМ с ЯМ категории 2;

- шести календарных месяцев для ЗБМ с ЯМ категории 3;

- двенадцати календарных месяцев для ЗБМ с ЯМ категории 4 [6].

Началом ФИ служит распорядительный документ руководителя ЯО. Важным пунктом документа является строго назначенное время, по истечению которого любые перемещения ЯМ запрещаются.

В рамках ФИ, в организации создают центральную организационную комиссию, а в каждой ЗБМ – рабочие инвентаризационные комиссии. Инвентаризационная комиссия разрабатывает план проведения ФИ.

Планирование ФИ должно включать:

- получение зарегистрированных в учетной документации инвентарных количеств ЯМ в ЗБМ для выверки с данными из других источников;

- распределение совокупности пассивных ЯМ на страты и расчет объема случайной выборки для каждой страты для подтверждающих измерений;

- определение прогнозируемых требований по измерениям;

- определение ответственных исполнителей работ и распределение обязанностей среди них;

- определение потребности в персонале;

- отбор ЯМ для учетных измерений;

- определение размера выборок;

- временной график и последовательность проведения измерений;

– расчет пределов значений инвентаризационной разницы [6].

Завершением ФИ является составление акта комиссии по результатам физической инвентаризации в ЗБМ, считается баланс ЯМ в ЗБМ, инвентаризационная разница, составляются и утверждаются межбалансовый отчет и список фактически наличного количества. В акте должны быть отражены результаты проверки отчетно-учетной документации, наличия ЯМ, результаты проверки пломб, сведения обо всех проделанных измерениях, а также все выявленные аномалии. Акт утверждается руководителем предприятия.

2 Описание методов проведения исследования

2.1 Анализ уязвимости

Для проектирования и внедрения успешной СФЗ необходимо провести анализ уязвимости ядерного объекта.

Анализ уязвимости предназначен для определения уязвимых мест ЯО, коими являются ПХ ЯМ, ЯУ и оборудование связанное с ней, а также выявление вероятных угроз и способов их осуществления [3].

Конечный итог анализа уязвимости ЯО – фундамент и исходные данные для проектирования и создания СФЗ, а также ее совершенствования и проведения оценки эффективности.

Анализ уязвимости должен проводиться в следующих случаях:

- изменения условий эксплуатации ЯО;
- изменения категории ПФЗ и места его размещения;
- изменения угрозы на федеральном и региональном уровне;
- выявления новых уязвимых мест;
- реконструкции ЯО;
- по инициативе администрации ЯО [5].

Если ни один из выше перечисленных случаев не произошел, то анализ уязвимости пересматривается каждые пять лет.

Отчет по анализу уязвимости должен включать:

- описание ядерного объекта;
- уязвимые места ЯУ И ПХ ЯМ;
- предмет физической защиты;
- потенциальные угрозы и модель нарушителя [5].

Под угрозами принято понимать потенциальные несанкционированные действия связанные с ЯМ, ЯУ и ПХ ЯМ.

Модель нарушителя представляет собой логически-математическое описание нарушителя, являющаяся совокупностью характеристик нарушителя.

Принято выделять такие характеристики нарушителя, как его тип, мотивы и общие цели, приблизительный состав группы нарушителей, используемые вооружения и технические средства, уровень подготовленности, уровень осведомленности нарушителей о ЯО и СФЗ, финансовый и временной ресурсы.

2.1.1 Описание ядерного объекта

Описание ЯО проводится для того, чтобы выявить места, на которых будут располагаться ПФЗ, и другие места, несанкционированные действия на которых могут являться угрозой для ЯМ, ЯУ и ПХ ЯМ.

В ходе выполнения данной работы были выделены следующие характеристики потенциального ядерного объекта.

Гипотетическим ЯО является элемент ядерного топливного цикла – атомная электростанция с реактором на быстрых нейтронах (БН). Общий план объекта представлен в приложении 1.

Особенностями территориального расположения ЯО являются расположение ядерного объекта в 5 км от ближайшего населенного пункта, наличие асфальтированной автомобильной дороги между населенным пунктом и ЯО и на территории самого объекта, наличие лесополосы вдоль дороги, также к ЯО проведена железная дорога для перевозки ядерного топлива. Средняя норма осадков за год не превышает в среднем 570 мм, средняя температура летом составляет около 19 °С, зимой – минус 15 °С. В 100 метрах от ЯО располагается озеро, а в 6,5 км находится река. Природная зона – таежная.

Общая протяженность территории ЯО составляет 2,48 км.

Работа персонала на ЯО осуществляется в четыре смены по шесть часов:

– смены: 9:00-15:00, 15:00-21:00, 21:00-03:00, 03:00-9:00;

– общее число сотрудников в одной смене составляет 75 человек.

Среднее количество автомобильного транспорта, проходящего через АКПП за сутки составляет от 1 до 6 автомобилей. Железнодорожный транспорт приходит с периодичностью 1 раз в 3 месяца. Доставка сотрудников смены

осуществляется на корпоративном автобусе или личном транспорте по выбору сотрудника.

Ядерные материалы и изделия на их основе, находящиеся на гипотетическом ЯО, представлены в виде:

- ядерного топлива в виде свежих ТВС (СТВС);
- отработавших ТВС (ОТВС).

Технологический процесс, происходящий на территории ЯО заключается в преобразовании ядерной энергии в электрическую и имеет промышленный характер.

Реакторная установка – энергетический реактор на быстрых нейтронах БН-800. Особенностью данного реактора является работа на урано-плутониевом топливе (МОХ-топливе) [26]. Плутоний, входящий в состав этого топлива, может быть оружейным, либо же полученный путем переработки облученного топлива.

2.1.2 Категорирование ПФЗ

В данной работе предметом физической защиты являются свежие и отработанные тепловыделяющие сборки. Пункт хранения отработавшего ядерного топлива располагается в отдельном здании гипотетического ядерного объекта. СТВС располагаются в пристанционном хранилище. Категорирование производилось согласно НП-030-12 и Постановления правительства № 456. В таблице 1 приведены результаты категорирования.

Таблица 1 – Результаты категорирования

ПФЗ	Категория ЯМ	Категория ПФЗ	Расположения
СТВС (МОХ-топливо)	II	В	ВЗ
СТВС (обедненный UO_2)	IV	Г	ВЗ
ОТВС	II	Б	ВЗ

2.1.3 Модель нарушителя

В ходе описания объекта было установлено, что наиболее вероятным несанкционированным действием будет являться диверсия на подстанции с использованием взрывчатого устройства. Согласно [5] в таблице 2 приведена модель нарушителя.

Таблица 2 – Модель нарушителя

Параметр	Значение
Тип	Внешний нарушитель второго типа
Цель	Диверсия на подстанции
Мотивация	Идеологическая
Численность группы нарушителей	Внешний нарушитель – 4
Уровень осведомленности о ЯО	Средний
Уровень технической квалификации и подготовленности	Высокий уровень подготовки к преодолению физических барьеров, готовность вступить в открытый вооруженный конфликт
Техническое оснащение	Стрелковое оружие, автомобиль, болторез, взрывчатые устройства, дымовые шашки
Тактика действий нарушителя	Насильственная

Сценарий и тактика действий нарушителей: группа из четырех человек проникает на АЭС через периметр ЯО. Данный сценарий предполагает, что нарушители преодолевают первый физический барьер методом перелаза, а второй разрезают болторезом. Далее нарушители движутся к электроподстанции. С помощью болтореза нарушители разрушают ограждение и проникают в подстанцию и устанавливают взрывчатое устройство с таймером.

Отвлекая внимание с помощью дымовых и световых гранат нарушители покидают объект тем же путём, что и проникли на него.

Маршрут движения нарушителей представлен на рисунке 1.

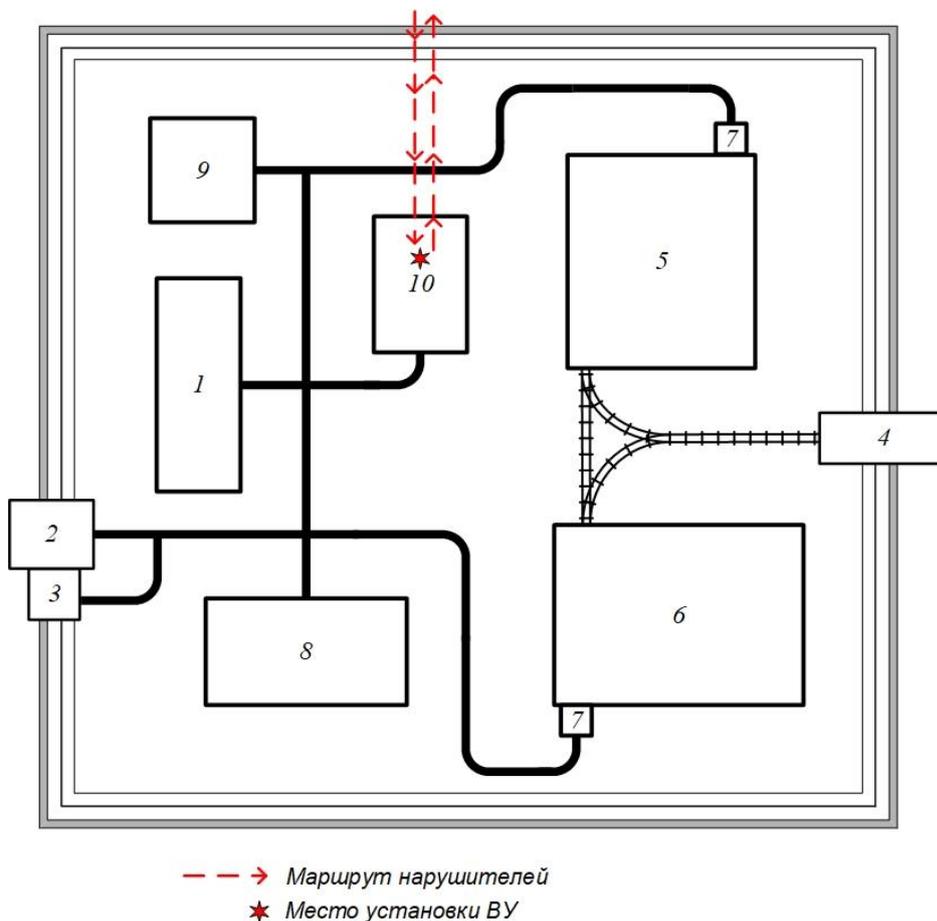


Рисунок 1 – Маршрут движения нарушителей

2.2 Организация системы учета и контроля на ядерном объекте

2.2.1 Описание потоков ядерных материалов на ядерном объекте

На представленный гипотетический объект ядерное топливо поступает в виде ТВС, упакованных в транспортно-упаковочный комплект (ТУК), по железнодорожной дороге через железнодорожный КПП. Данная операция осуществляется раз в год.

После прибытия на ЯО, ТУК поступает в помещение разукomплектации ТУК. После того, как СТВС достали из ТУК, ядерное топливо отправляется на

склад свежего топлива, причем СТСВ с обеденным ураном отправляется в свое хранилище, а СТСВ с МОХ топливом – в свое. В каждом пункте хранения свежего топлива обязательны такие операции, как прием и входной контроль, постановка на учет СТВС.

Далее СТВС направляются в реакторное отделение, где помещаются непосредственно в активную зону самого реактора. Из реактора ТВС выгружают во время перегрузки и помещают в пристанционный бассейн выдержки, где они находятся до пяти лет.

После окончания срока выдержки ОТВС направляются в сухое хранилище ОЯТ. В хранилище ОТВС помещаются на время сроком до 10 лет, после чего упаковываются в транспортно-упаковочный комплект и покидают территорию объекта через ЖДКПП.

Перемещение ЯМ на объекте представлено на рисунках 2, 3, 4.

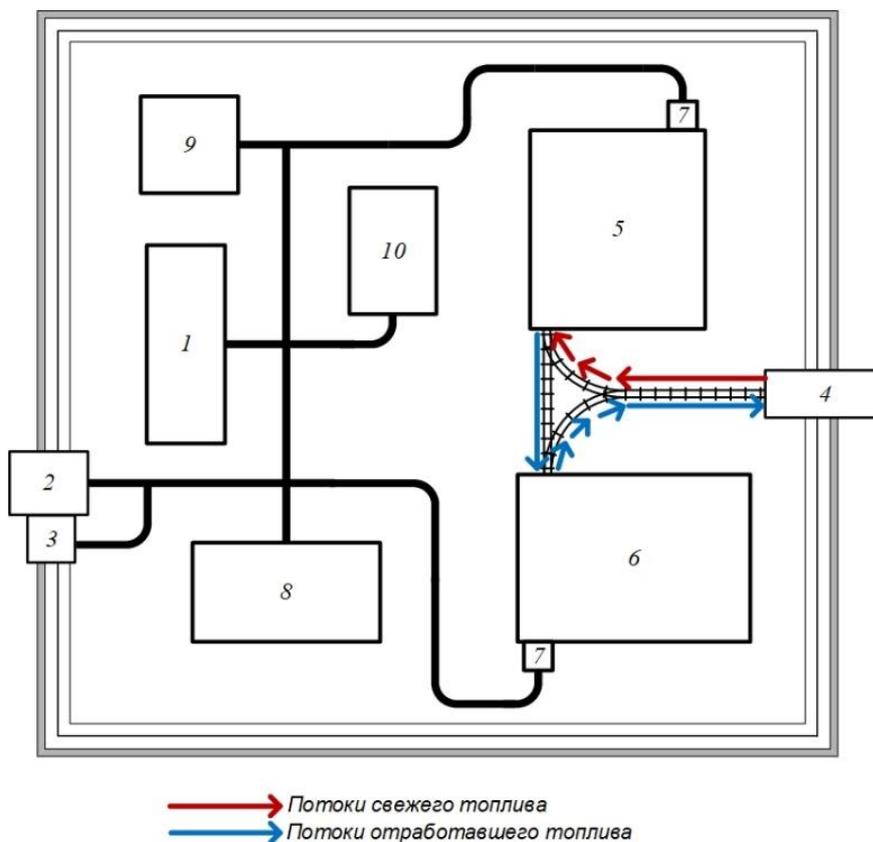


Рисунок 2 – Потоки ЯМ на ЯО

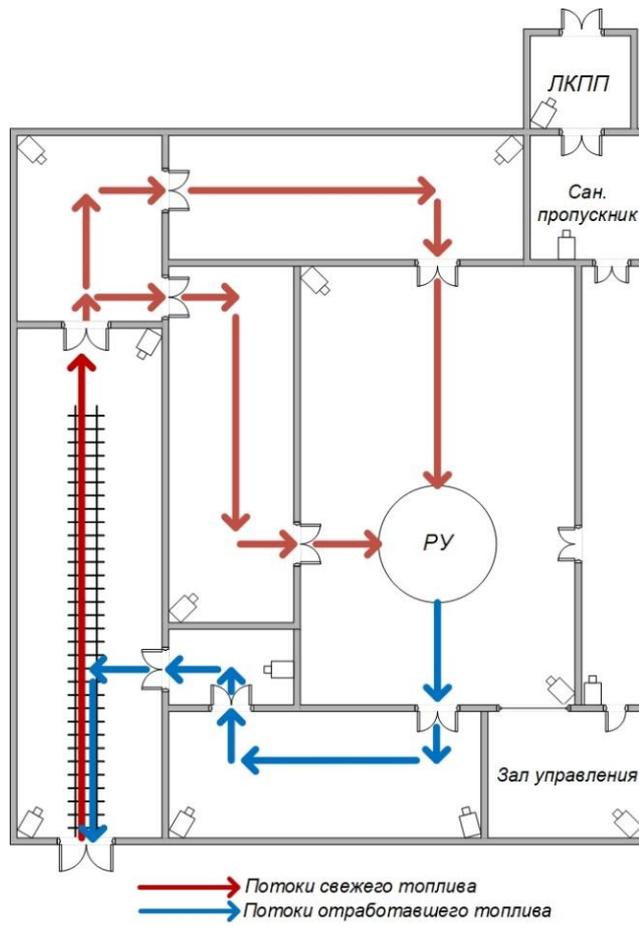


Рисунок 3 – Поток ЯМ в энергоблоке

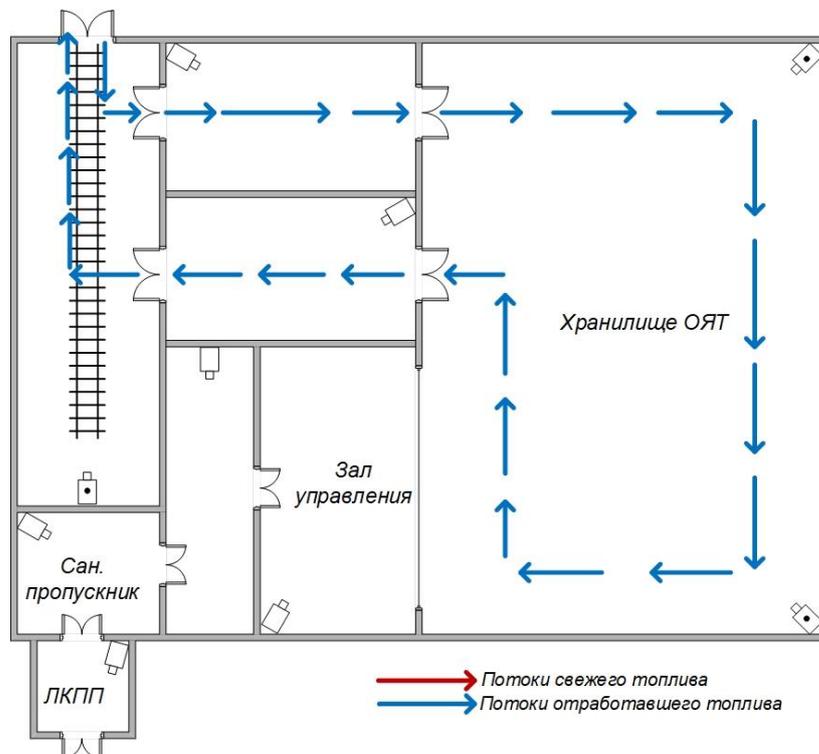


Рисунок 4 – Поток ЯМ в ПХ ОЯТ

2.2.2 Организация ЗБМ

Для выполнения функций учета и контроля ядерных материалов на гипотетическом объекте необходимо выделение ЗБМ. Всего на объекте было выделено три зоны баланса материалов и 12 контрольно-измерительных точек.

На рисунке 5 представлены границы выделенных ЗБМ в здании энергоблока.

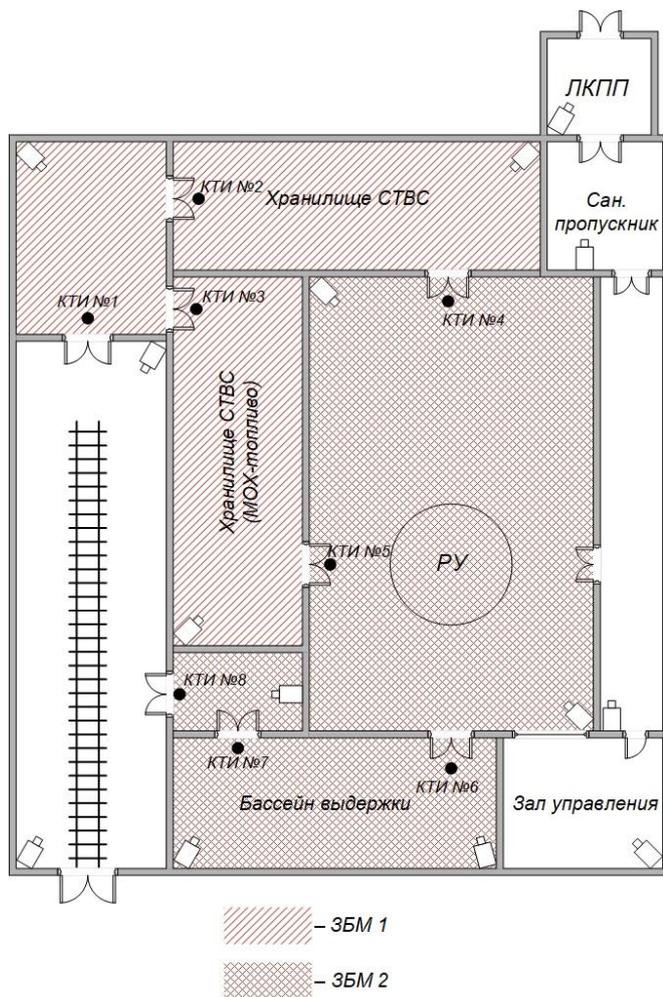


Рисунок 5 – Расположении ЗБМ и КТИ в здании энергоблока

В здании энергоблока БН-800 выделено две ЗБМ и восемь КТИ. В КТИ №1 происходит прием поступивших ТВС, измерение массы ТВС, учет их количества и сверка всех признаков, указанных в сопроводительной документации. Для измерения массы используют подвесные крановые весы ВКМ-5. На КТИ №2 и КТИ №3 происходит постановка учет СТВС в хранилище.

КТИ №4 и КТИ №5 предназначены для повторной проверки топлива перед загрузкой в реактор с занесением данных в соответствующую документацию. На КТИ №6 и КТИ №7 происходит постановка на учет ОТВС поступивших и отправившихся из бассейна выдержки соответственно. КТИ №8 предназначено для упаковки ОТВС в ТУКи для последующей транспортировки в ПХ ОЯТ.

Выделенная ЗБМ в ПХ ОЯТ представлена на рисунке 6.

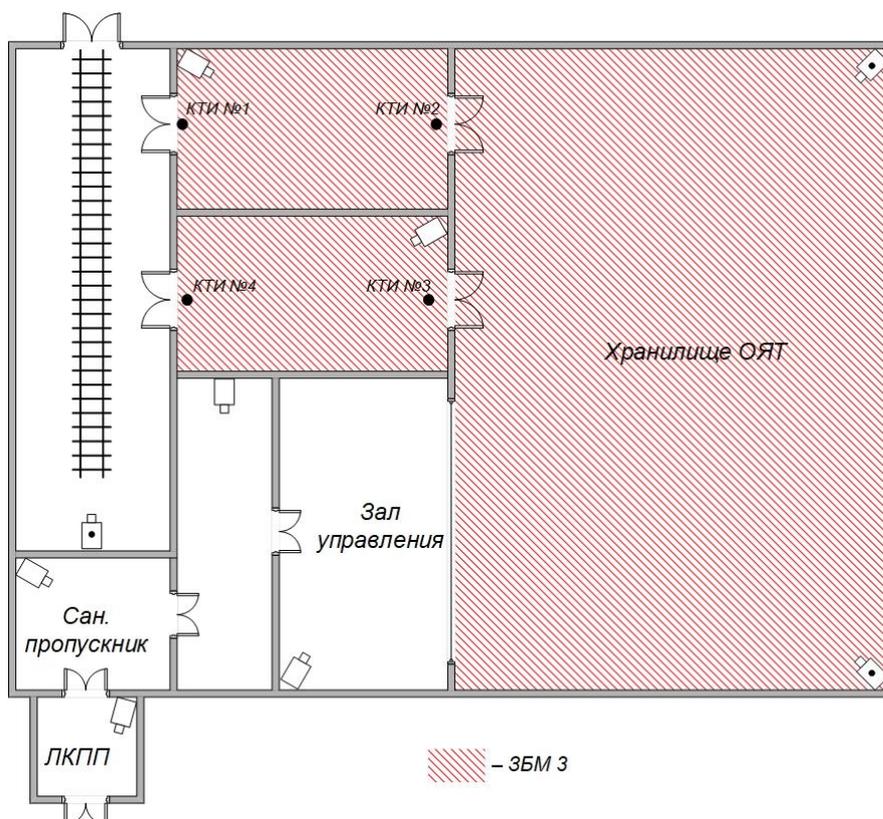


Рисунок 6 – Расположение ЗБМ и КТИ в ПХ ОЯТ

Границы ЗБМ-3 представлены помещениями разуконплектации ТУК, хранилища ОЯТ и помещением укомплектации ТУК в пункте хранения ОЯТ.

Для обеспечения учета и контроля ЯМ на АЭС также применяются средства контроля доступа (СКД). К ним относятся средства видеонаблюдения и пломбы. В рамках данной работы целесообразно использовать радиационно-стойкие видеокамеры, металлические, пластиковые пломбы и пломбы на клейкой основе.

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.

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 7.

Таблица 7 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этап работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР	НР – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 25% И – 100%

Продолжение таблицы 7		
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 30%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор исходных данных	НР, И	НР – 100% И – 70%
Методика оснащения средствами СФЗ	НР, И	НР – 30% И – 100%
Оснащение объекта средствами СФЗ	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 70% И – 100%

4.2 Продолжительность этапов 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 формула 1.

$$t_{ОЖ} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (1)$$

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 3.1 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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (2)$$

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

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ;

$t_{ож}$ – продолжительность работы, дни.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

T_K – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях.

T_K рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни;

$T_{ВД}$ – выходные дни;

$T_{ПД}$ – праздничные дни.

При $T_{КАЛ} = 365$, $T_{ВД} = 52$, $T_{ПД} = 10$, T_K равен 1,205.

В таблице 8 приведены продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. 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 $t_{ож} \cdot K_D$. Столбцы 8 и 9 – трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_K = 1,205$. 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 $T_{КД}$, данные столбцов 8 и 9 кроме итогов, позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленного в таблице 9.

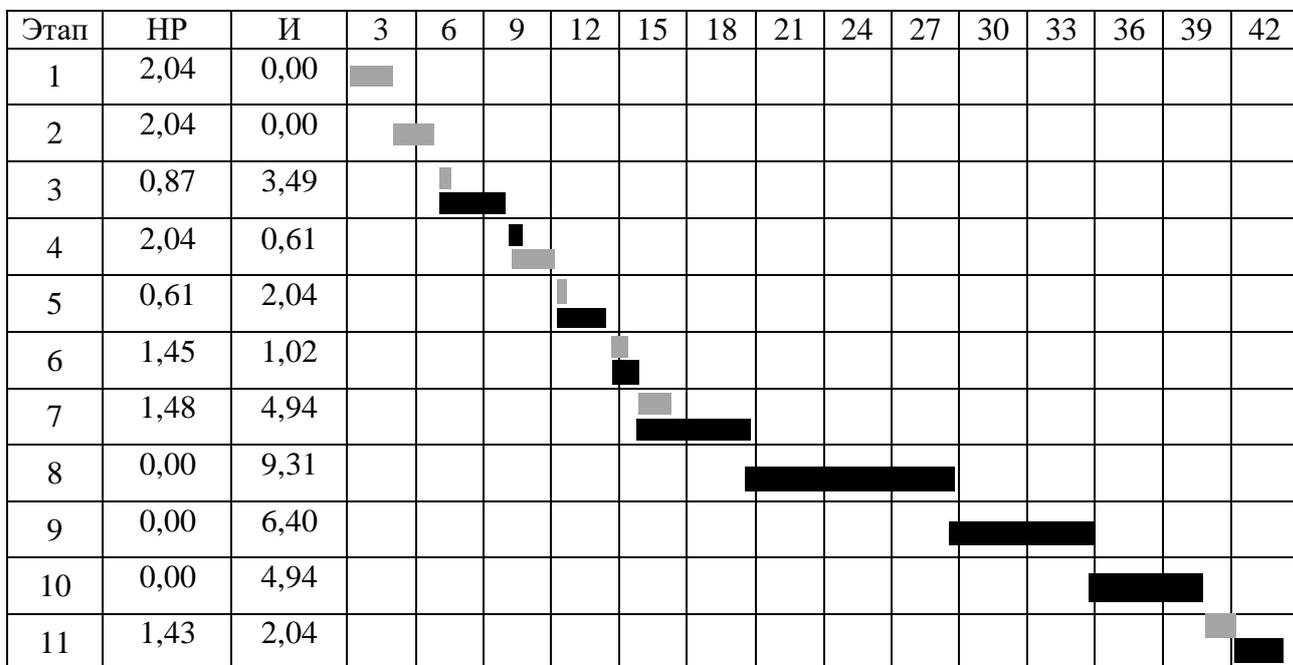
Таблица 8 – Трудозатраты на выполнение проекта

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 целей и задач	НР	1	2	1,40	1,68	0,00	2,04	0,00
Составление и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	1	2	1,40	1,68	0,00	2,04	0,00

Продолжение таблицы 8

Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	2	3	2,40	0,72	2,88	0,87	3,49
Разработка календарного плана	НР, И	1	2	1,40	1,68	0,50	2,04	0,61
Обсуждение литературы	НР, И	1	2	1,40	0,50	1,68	0,61	2,04
Выбор исходных данных	НР, И	1	1	1,00	1,20	0,84	1,45	1,02
Методика оснащения средствами СФЗ	НР, И	3	4	3,40	1,22	4,08	1,48	4,94
Оснащение объекта средствами СФЗ	И	6	7	6,40	0,00	7,68	0,00	9,31
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	4	5	4,40	0,00	5,28	0,00	6,40
Оформление графического материала	И	3	4	3,40	0,00	4,08	0,00	4,94
Подведение итогов	НР, И	1	2	1,40	1,18	1,68	1,43	2,04
Итого:				28,00	9,86	28,70	11,96	34,79

Таблица 9 – Линейный график работы



НР – ■ ; И – ■ .

4.3 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 (3.1.2.1)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (5)$$

Применительно к таблице 8 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 17.

Таблица 10 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этапа	TP_i , %	CG_i , %
Постановка задачи	5,00	5,00
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	5,00	10,00
Подбор и изучение материалов по тематике	8,57	18,57
Разработка календарного плана	5,00	23,57
Обсуждение литературы	5,00	28,57
Выбор исходных данных	3,57	32,14

Продолжение таблицы 10		
Методика расчета оснащения средствами СФЗ	12,14	44,29
Оснащение объекта средствами СФЗ	22,86	67,14
Оформление расчетно-пояснительной записки	15,71	82,86
Оформление графического материала	12,14	95,00
Подведение итогов	5,00	100,00

4.4 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.

4.5 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. Расчет затрат на материалы приведён в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Итого:			1800

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

$$C_{\text{МАТ}} = 1800 \cdot 1,05 = 1890 \text{ руб.}$$

4.6 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:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}, \quad (6)$$

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

Расчет затрат на полную заработную плату приведены в таблице 10. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 6. 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:

$$K_{И} = K_{ИР} \cdot K_{доп.зп} \cdot K_{Р}; \quad (7)$$

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

Таблица 12 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад руб./мес.	Среднедневная ставка руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	$K_{И}$	Фонд з/п, руб.
ИР	33664	1342	10	1,699	22802
И	15470	616	29	1,699	30388
Итого:					53190

4.7 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:

$$C_{соц} = C_{зп} \cdot 0,3; \quad (8)$$

$$C_{соц} = 53190 \cdot 0,3 = 15957 \text{ руб.}$$

4.8 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:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot C_{э}, \quad (9)$$

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

$C_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

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

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{ОБ} = T_{РД} \cdot K_t, \quad (10)$$

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.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{НОМ} \cdot K_C, \quad (11)$$

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 13.

Таблица 13 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{ОБ}$, час	Потребляемая мощность $P_{ОБ}$, кВт	Затраты $C_{ЭЛ.ОБ}$, руб.
Персональный компьютер	230	0,3	397
Струйный принтер	3	0,1	2
Итого:			399

4.9 Расчет амортизационных расходов

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

$$C_{АМ} = \frac{H_A \cdot t_{ОБ} \cdot C_{ОБ} \cdot n}{F_D}, \quad (12)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

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

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для ПК в 2019 г., при 298 рабочих днях и восьми часовом рабочем дне, F_d равен:

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

H_A определяется как величина обратная значению сроков амортизации, в данном случае это:

$$H_A = \frac{1}{2,5} = 0,4.$$

Зная значения всех коэффициентов, можно рассчитать C_{AM} для ПК:

$$C_{AM} = \frac{0,4 \cdot 88000 \cdot 230 \cdot 1}{2384} = 3396 \text{ руб.}$$

Для принтера C_{AM} будет равен:

$$C_{AM} = \frac{0,5 \cdot 12000 \cdot 3 \cdot 1}{500} = 36 \text{ руб.}$$

Суммарно амортизационные отчисления составили 3432 рубля.

4.10 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:

$$C_{ПРОЧ} = (C_{МАТ} + C_{ЗП} + C_{СОЦ} + C_{ЭЛ.ОБ} + C_{AM}) \cdot 0,1. \quad (13)$$

Прочие расходы в нашем случае:

$$C_{ПРОЧ} = (1890 + 53190 + 15957 + 399 + 3432) \cdot 0,1 = 7487 \text{ руб.}$$

4.11 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость ВКР.

В таблице 14 представлена смета затрат на разработку проекта.

Таблица 14 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{МАТ}}$	1890
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	53190
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{СОЦ}}$	15957
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$	399
Амортизационные отчисления	$C_{\text{АМ}}$	3432
Прочие расходы	$C_{\text{ПРОЧ}}$	7487
Итого:		82355

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 82\,355$ рублей.

4.12 Расчет прибыли

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

$$G = C \cdot 0,15; \quad (14)$$

$$G = 82355 \cdot 0,15 = 12353 \text{ руб.}$$

4.13 Расчет НДС

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

$$\text{НДС} = (C+G) \cdot 0,2; \quad (15)$$

$$\text{НДС} = (82355+12353) \cdot 0,2 = 18942 \text{ руб.}$$

4.14 Цена разработки ВКР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$Ц_{\text{ВКР}} = C+G+\text{НДС}; \quad (16)$$

$$Ц_{\text{ВКР}} = 82355+12353+18942 = 113650 \text{ руб.}$$

4.15 Оценка экономической эффективности проекта

Оценка экономической эффективности объекта невозможна, ввиду необходимости проведения специального исследования с использованием значительных объемов закрытых данных.