

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

Институт Физико-технический
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии
Кафедра Физико-энергетические установки

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование системы физической защиты гипотетического объекта

УДК 621.039-78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2Г	Шаравин А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ФЭУ	Лаас Р.А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечина А.А.	к.х.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 16 таблиц, 25 источников, 8 приложений.

Ключевые слова: ядерный объект, ядерный материал, система физической защиты, система учета и контроля, комплекс инженерно-технических средств физической защиты, анализ уязвимости.

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

Целью работы является создание методического подхода для описания и построения гипотетического объекта и его систем безопасности, с дальнейшим его применением в учебных целях по специальности Безопасность и нераспространение ядерных материалов.

В процессе исследования проводился анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования системы физической защиты и системы учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте, формирование требований к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты ЯО.

В результате были получены: концептуальная модель ядерного объекта и системы физической защиты, учебная программная среда и методические рекомендации.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- АКПП – автомобильный контрольно-пропускной пункт;
- АСФЗ – автоматизированная система физической защиты;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь;
- ВЗ – внутренняя зона;
- ГСУиК ЯМ – Государственная система учета и контроля ядерных материалов;
- ГЯО – гипотетический ядерный объект;
- ЗБМ – зона баланса материалов;
- ЗЗ – защищенная зона;
- ИТСФЗ – инженерно-технические средства физической защиты;
- КИТСФЗ – комплекс инженерно-технических средств физической защиты;
- КПП – контрольно-пропускной пункт;
- КТИ – ключевая точка измерений;
- ЛПУ – локальный пульт управления;
- МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии;
- МВД – Министерство внутренних дел Российской Федерации;
- МКА – многоканальный анализатор;
- НРА – неразрушающий анализ;
- НСД – несанкционированное действие;
- ОВЗ – особо важная зона;
- ОТВС – облученная тепловыделяющая сборка;
- ПК – персональный компьютер;
- ПНСД – последствия несанкционированных действий;
- ПФЗ – предмет физической защиты;
- ПХЯМ – пункт хранения ядерных материалов;
- РВ – радиоактивные вещества;
- СБ – служба безопасности;
- 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;
ТВС – тепловыделяющая сборка;
ТВС – тревожно-вызывная сигнализация,
ТСФЗ – технические средства физической защиты;
ТУК – транспортный упаковочный контейнер
УИК ЯМ – учет и контроль ядерных материалов;
ФБ – физический барьер;
ФЗ – физическая защита;
ЦПУ – центральный пульт управления;
ЭВМ – электронно-вычислительная машина;
ЯМ – ядерный материал;
ЯО – ядерный объект;
ЯВУ – ядерное взрывное устройство;
ЯУ – ядерная установка.

Оглавление

Введение	7
1 Организация и функционирование систем физической защиты и учета и контроля ядерных материалов	9
1.1 Нормативно-правовое обеспечение физической защиты ядерных материалов	9
1.2 Принципы построения системы физической защиты ядерного объекта	15
1.3 Стадии и этапы создания и совершенствования систем физической защиты	19
1.4 Нормативно-правовое обеспечение в сфере учета и контроля	21
2 Описание методов проведения исследования	25
2.1 Описание ядерного объекта «Исследовательский ядерный реактор»	25
2.1.1 Характеристики ЯМ и изделий на их основе, находящихся на объекте	27
2.1.2 Описание работ, осуществляющихся на территории гипотетического объекта	28
2.2 Анализ уязвимости ядерного объекта	29
2.3 Разработка программной среды	31
3 Результаты проектирования	33
3.1 Оснащение периметра и КПП ВЗ гипотетического ЯО элементами комплекса ИТСФЗ	33
3.2 Оснащение границ ВЗ элементами КИТСФЗ	33
3.3 Организация КПП	35
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Ошибка! Закладка не определена.	
5 Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	Ошибка! Закладка не определена.
Закладка не определена.	
5.2 Электробезопасность	Ошибка! Закладка не определена.

5.3 Требование и организация работ с ЭВМ **Ошибка! Закладка не определена.**

5.4 Пожарная и взрывная безопасность **Ошибка! Закладка не определена.**

Заключение	38
Список публикаций студента	39
Список использованных источников	40
Приложение А Общая схема объекта	43
Приложение Б Основы создания (совершенствования) СФЗ АКПП зоны ограниченного доступа	44
Приложение В Основы создания (совершенствования) СФЗ КПП для прохода людей на периметре зоны ограниченного доступа	46
Приложение Г Основы создания (совершенствования) СФЗ ЖДКПП зоны ограниченного доступа	50
Приложение Д Схема границ охраняемых зон	52
Приложение Е Матрица SWOT	53
Приложение Ж Временные показатели проведения научного исследования	55
Приложение З Календарный план-график проведения НИОКР	57

Введение

В связи с ростом активности террористических группировок в мире возникает повышенная угроза мировой безопасности. Одним из самых страшных сценариев на сегодняшний день является применение террористами ядерного взрывного устройства (ЯВУ). Диверсия на ядерном объекте (ЯО) также может повлечь катастрофические последствия международного и даже глобального масштаба. В связи с этим, возникает необходимость в создании систематического подхода к разработке новых систем физической защиты, а также подготовке высококвалифицированных специалистов, способных ориентироваться в ситуации и выполнить поставленные задачи.

Для организации такой универсальной системы необходимо иметь представление о составных частях СФЗ, их взаимодействии в пространстве и времени, учитывать особенности предприятия, специфику расположения его объектов, наличие территориально обособленных объектов, выбирать силы и средства физической защиты, на основе анализа и оценки потенциальных угроз объектам, обеспечивать устойчивое функционирование элементов системы, а также учесть все факторы, в том числе и человеческие, которые могут повлиять на функционирование СФЗ и самого объекта.

Поскольку эффективная разработка и создание такой универсальной системы невозможны в реальных условиях без предварительной практической и теоретической подготовки [1], возникает необходимость в создании учебной программной среды и наглядного образовательного макета, демонстрирующего систему безопасности ЯО.

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание методического подхода для описания и построения гипотетического объекта и его систем безопасности, с дальнейшим применением в учебных целях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать нормативно-правовые документы по вопросам организации и функционирования системы физической защиты и системы учета и контроля ядерных материалов на ядерном объекте;
- сформировать и выделить требования к оснащению элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты (с подробным описанием организации системы контроля и управления доступом);
- реализовать модель гипотетического объекта средствами 3D моделирования;
- Описать методический подход к созданию моделей объекта в виде технической документации.

1 Организация и функционирование систем физической защиты и учета и контроля ядерных материалов

1.1 Нормативно-правовое обеспечение физической защиты ядерных материалов

Согласно Постановлению Правительства РФ от 19.07.2007 №456 «Об утверждении Правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов» (далее – Правила физической защиты) [1] ядерный объект (ЯО) является частью государственной системы физической защиты. Создание, совершенствование и функционирование системы физической защиты на ядерном объекте обеспечивается руководством ЯО. По средствам должностных полномочий руководством ЯО утверждается состав службы безопасности, который отвечает за организацию и контроль за выполнением мероприятий по осуществлению физической защиты. Также руководство ЯО несет ответственность за привлечение при необходимости специализированных организаций для решения задач физической защиты.

В соответствии с деятельностью на той или иной стадии ЯО взаимодействуют с другими участниками, входящими в состав государственной системы физической защиты, такими как федеральные органы исполнительной власти по управлению и контролю за деятельностью ЯО, федеральные органы исполнительной власти по созданию, совершенствованию и обеспечению физической защиты.

ЯО взаимодействует с органами внутренних дел Российской Федерации (МВД РФ) и органами Федеральной службы безопасности Российской Федерации (ФСБ РФ). Внутренними войсками МВД РФ или подразделениями вневедомственной охраны полиции, деятельность по охране ядерных материалов (ЯМ), ядерных установок (ЯУ) при их эксплуатации и транспортировке осуществляется совместно с руководством соответствующих

воинских частей или подразделений, а при необходимости - с привлечением специализированных организаций. В пределах своих полномочий ФСБ РФ организует и осуществляет оперативно-розыскную деятельность по выявлению, пресечению и раскрытию преступлений в форме диверсий, хищений ядерных материалов, ядерных установок и незаконного оборота ядерных материалов. ФСБ РФ проводит необходимые процедуры по проверке лиц для оформления допуска к информации, составляющей государственную тайну, организует оперативно-розыскную деятельность, участвует в обеспечении безопасности при перевозках и транспортировании ЯМ и физической защиты на ЯО в режиме штатных и чрезвычайных ситуаций.

Целью СФЗ является предотвращение несанкционированных действий по отношению к ЯМ, ЯУ и другим ПФЗ на ЯО.

Цель СФЗ достигается путем создания и обеспечения функционирования единой системы мер, направленных на решение задач СФЗ. К таким задачам относят:

- предупреждение НСД;
- своевременное обнаружение НСД;
- задержка (замедление) продвижения нарушителя;
- пресечение НСД;
- задержание лиц, причастных к подготовке или совершению НСД.

Для выполнения задач физической защиты руководство ЯО совместно с федеральными органами исполнительной власти, обеспечивающие государственный надзор за ФЗ совместно с руководством соответствующих воинских частей или подразделений, а также совместно с другими федеральными органами исполнительной власти и привлеченными специализированными организациями, деятельность которых строго лицензирована, обеспечивает осуществление следующих обязательных этапов:

- организацию работ по физической защите;
- создание и совершенствование СФЗ;
- обеспечение функционирования СФЗ;

- осуществление контроля соответствия СФЗ установленным требованиям.

Таким образом, создание СФЗ на ЯО является одним из неотъемлемых компонентов обеспечения ФЗ. СФЗ включает в себя комплекс инженерно-технических средств, а также организационные мероприятия, направленные на их применение и совершенствование. Процесс создания и совершенствования СФЗ на ЯО включает в себя стадию создания концептуального проекта СФЗ, рассмотрение, согласование и утверждение проекта и непосредственно реализацию проекта. Создание СФЗ на этапе концептуального проектирования включает в себя следующие основные компоненты:

- проведение анализа уязвимости;
- выделение на ЯО охраняемых зон;
- определение конфигурации СФЗ в целом и ее отдельных компонент, а также взаимодействия компонент между собой;
- формирование оптимального варианта построения СФЗ [1].

При создании и совершенствовании СФЗ должна учитываться категория ЯО, определяемая на основании результатов анализа уязвимости ЯО. Задача категорирования объекта состоит в определении, какие количественные и качественные требования должны предъявляться к СФЗ. Уровень требований определяется с учетом потенциальных потерь, к которым могли бы привести действия нарушителей на объекте.

Согласно документу «Системы физической защиты. Методические рекомендации по проведению анализа уязвимости ядерно-опасных объектов» (далее – Методические рекомендации) [2] основной целью проведения АУ является определение угроз и возможных способов их осуществления, моделей нарушителя, а также выявления уязвимых мест ЯО, ПХЯМ и технологических процессов эксплуатации и хранения ЯМ для организации на основании полученных результатов СФЗ.

Задачей АУ является обеспечение единого методического подхода к определению угроз в отношении ЯМ, ЯУ, пунктов хранения ЯМ, к

определению моделей нарушителей и выявлению уязвимых мест на основе общих угроз ЯО, общей модели нарушителя для последующего создания эффективной СФЗ.

Периодичность проведения анализа уязвимости на действующих ЯО определяется нормативными актами руководящих организаций. Кроме того, администрация ЯО должна проводить анализ уязвимости в случае увеличения вероятности совершения диверсии или хищения ЯМ. Факторами, увеличивающими такую вероятность, могут быть:

- изменение угрозы на федеральном и региональном уровнях, что определяется соответствующими компетентными органами;
- выявление новых уязвимых мест ЯУ или пункта хранения ЯМ;
- изменение условий эксплуатации ЯУ, технологии производств, условий использования и хранения ЯМ, состояния оборудования;
- реконструкция ЯО (расположенных на нём ЯУ, пунктов хранения ЯМ, зданий, сооружений, помещений, проведение ремонтных работ).

Администрация ЯО может также проводить анализы уязвимости и в других случаях по своей инициативе [2].

Определение угрозы сопровождается рассмотрением множества сценариев, возможных при настоящих условиях. Так, по прохождению этапа анализа уязвимости, при определении категории ПФЗ используется некоторый перечень самых опасных угроз или угроз, приводящих к потерям объекта и государства от действий нарушителей, близких к максимальным. Но если учесть, что проектируемые системы физической защиты должны включать в свой состав множество подсистем, которые, в свою очередь, должны иметь большое количество технических средств, то определение рационального состава систем требует формирования и рассмотрения весьма большого количества вариантов структур. Однако перебор большого количества вариантов, а также осмысление промежуточных результатов требует больших затрат временных ресурсов. Поэтому общая задача обоснования облика СФЗ должна включать в себя предварительное сокращение до разумного минимума

количества рассматриваемых вариантов ее состава и структуры. При этом сценарий реализации угроз представляется как последовательность действий нарушителя от начала проникновения на территорию объекта и до окончания выполнения действий по достижению поставленной цели [3].

СФЗ ЯО различных категорий должна строиться по зональному принципу, предусматривающему организацию нескольких рубежей физической защиты, расположенных последовательно на пути продвижения нарушителя к цели и обеспечивающих эшелонированную защиту. Организация и создание охраняемых зон должны учитывать места использования и хранения на территории ЯО ЯМ, размещения ядерных установок и других ПФЗ СФЗ и соответствовать требованиям к размещению ПФЗ в охраняемых зонах, установленных согласно нормативным документам. Определяющим фактором размещения ПФЗ в охраняемой зоне является его категория ПФЗ, которая в случае данной работы определяется в соответствии с категорией ЯМ.

Границы охраняемых зон должны быть оснащены ИТСФЗ. Для организации перемещения людей и транспорта через границы охраняемых зон и контроля права их доступа необходимо организовывать КПП. Количество КПП для каждой охраняемой зоны должно быть оптимальным и определяется условиями и особенностями их функционирования. В составе СФЗ необходимо разделять внешние и внутренние КПП. Внешние КПП располагаются на границе защищенной зоны и, как правило, должны обеспечивать высокую пропускную способность при, установленных требованиях к пропускному режиму. Внутренние КПП размещаются на границах внутренних, особо важных и других зон ЯО и обладают, как правило, меньшей пропускной способностью. К ним предъявляются более высокие требования по организации функции контроля правомочности прохода (проезда) [1].

Требования к оснащению охраняемых зон ИТСФЗ представлены в Правилах физической защиты. На основе нормативных документов в отрасли разрабатываются типовые проектные решения, учитывающие специфические требования к оснащению охраняемых зон ЯО различных типов и категорий.

К основным требованиям, предписанные документами в области обеспечения ФЗ на ЯО, относящимся ко всем зонам, включая ОВЗ, относятся следующие:

- контроль доступа проходящих лиц на КПП следует осуществлять с применением полноростовых пропускных устройств шлюзового или блокирующего типа, обеспечивающих надежное задержание лиц, не имеющих прав доступа или пытающихся пронести запрещенные предметы;

- в автоматизированных системах управления доступом в дополнение к контролю пропуска должны использоваться способы удостоверения личности по присвоенным признакам;

- оснащение КИТСФЗ;

- и относящиеся непосредственно к ОВЗ:

- операции, производимые в ОВЗ, должны осуществляться с соблюдением правила двух (трех) лиц (доступ в зону и из нее, доступ в отдельные помещения, сооружения, здания, снятие с охраны/постановка под охрану и т.д.);

- для контроля доступа проходящих лиц следует использовать биометрические способы удостоверения личности, применяемые совместно с присвоенными личности признаками;

- все лица и их вещи при выходе из ОВЗ проходят обязательную проверку на наличие у них ЯМ.

Для обеспечения полноценной организации ФЗ на объекте, ЯО оснащается комплексом инженерных и технических средств физической защиты.

К инженерным средствам СФЗ относятся физические барьеры, посты охраны и инженерное оборудование охраняемых зон и постов охраны. Физическими барьерами являются строительные конструкции ЯО (стены, перекрытия, ворота, двери), специально разработанные конструкции (заграждения, противотаранные устройства, решетки, усиленные двери, контейнеры) и другие физические (в том числе естественные) препятствия.

К техническим средствам САР относятся элементы и устройства, входящие в состав следующих основных функциональных систем:

- СОС;
- ТВС;
- СКУД;
- СОЭН и оценка ситуации;
- оперативная связь и оповещение.

Отдельные технические средства ФЗ могут обеспечивать реализацию требований, предъявляемых к одной или нескольким функциональным системам (интегрированные системы и устройства). Неисправность какого-либо элемента КИТСФЗ не должен нарушать стабильное функционирование системы ФЗ. С этой целью предусматривается дублирование элементов и функций КИТСФЗ. В случае отключения основного электропитания обеспечение бесперебойной работы технических средств физической защиты производится за счет автоматического переключения на резервные источники.

Требования к инженерным и техническим средствам физической защиты устанавливаются техническими регламентами, до их введения в действие – государственными и отраслевыми стандартами, а также ведомственными нормативными документами [1].

1.2 Принципы построения системы физической защиты ядерного объекта

Возможности системы физической защиты не должны уступать возможностям потенциального нарушителя, поэтому построение СФЗ должно соответствовать общим принципам, которые направлены на достижение ее эффективности, определяющейся способностью СФЗ противостоять действиям нарушителей в отношении ПФЗ в случае конкретного ЯО. К ним относятся следующие принципы [4]:

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

Принцип зонального построения СФЗ. Согласно данному принципу на охраняемом объекте необходимо создание системы вложенных друг в друга охраняемых зон: защищенной, внутренней, особо важной зоны, в которых размещаются ЯУ и/или хранятся ЯМ и/или проводятся работы с ними, а также зон ограниченного доступа, доступ в которые ограничивается из-за размещения в них ЯМ IV категории и/или расположения в них жизненно важных для ЯО и его систем безопасности элементов. Таким образом обеспечивается эшелонированность защиты ПФЗ, усиление мер физической защиты происходит от периферии к центру.

ПФЗ, в соответствии с присвоенными им категориями, должны размещаться в соответствующих охраняемых зонах. Таким образом происходит дифференциация мер физической защиты, направленных на ПФЗ, в зависимости от их категории.

Принцип адекватности угрозам. Структура, состав и процесс функционирования СФЗ должны соответствовать принятым потенциальным угрозам и моделям потенциальных нарушителей. Реализация этого принципа обеспечивается путем:

- проведения и учета результатов анализа уязвимости ЯО;
- проведения и учета результатов категорирования ПФЗ и мест их хранения и использования;
- выбора и изменения структуры и состава комплекса ИТСФЗ;
- выбора и изменения способов охраны ЯО;
- проведения и учета результатов оценки эффективности СФЗ;

- обеспечения безопасности информации;
- применения компенсирующих мероприятий в случаях невозможности выполнения установленных требований в полном объеме.

Принцип своевременного реагирования на несанкционированные действия. Подразделения охраны ЯО должны успеть пресечь НСД нарушителя до того, как угроза по отношению ПФЗ на ЯО будет осуществлена.

Своевременное реагирование на НСД достигается своевременным обнаружением нарушителей, задержкой (замедлением) проникновения (продвижения) нарушителя на время, необходимое подразделениям охраны ЯО, а также, в случае необходимости, внешним силам реагирования (региональным, федеральным) для пресечения НСД и нейтрализации нарушителя.

Принцип равнопрочности. Должен быть обеспечен требуемый уровень эффективности СФЗ для всех выявленных в процессе анализа уязвимости типов нарушителей, способов совершения НСД и маршрутов движения. Это означает, что независимо от того, каким способом нарушители попытаются достичь своей цели, им придется встретиться с эффективными элементами СФЗ.

Равнопрочность СФЗ должна обеспечиваться с точки зрения:

- предотвращения НСД;
- обнаружения попытки совершения НСД;
- пресечения НСД и задержания нарушителей для различных ситуаций;
- обеспечения безопасности информации.

Равнопрочность СФЗ должна обеспечиваться по периметру каждой охраняемой зоны (для заданного категорированного помещения или группы помещений), включая контролируемые проходы и/или КПП, а также для всех составляющих безопасности информации.

Принцип адаптивности. СФЗ должна адаптироваться к изменениям:

- угроз и модели нарушителей;
- конфигурации ЯО и границ охраняемых зон;

- видов и способов охраны;
- мест размещения ПФЗ.

В СФЗ должна предусматриваться возможность создания дополнительных рубежей физической защиты. В СФЗ должны сочетаться различные способы постановки/снятия периметров, зданий, сооружений, помещений под охрану/с охраны как в автоматическом, так и в ручном режимах. СФЗ не должна создавать препятствий функционированию ЯО и должна адаптироваться к технологическим особенностям работы ЯО, в том числе в чрезвычайных ситуациях. В СФЗ должны предусматриваться организационно-технические мероприятия, связанные с ее совершенствованием и обеспечением при этом требуемой для СФЗ эффективности.

Принцип обеспечения надежности и живучести. СФЗ должна быть способна выполнять задачи в штатных и чрезвычайных ситуациях, в том числе в условиях аварийной ситуации на ЯО в пределах проектной аварии и ликвидации ее последствий.

Для обеспечения живучести СФЗ в штатных и чрезвычайных ситуациях в составе комплекса ИТСФЗ следует выделять группу инженерно-технических средств, используемых для физической защиты отдельной охраняемой зоны, а также входящих в ее состав категорированных помещений. Контроль состояния и управление ИТСФЗ каждой такой группы должен обеспечиваться независимо от работы других групп ИТСФЗ.

При организации эксплуатации ИТСФЗ должны предусматриваться проведение регламентных работ и своевременный ремонт. Должны проводиться отбор и проверка благонадежности персонала ЯО, обучение, подготовка персонала физической защиты к действиям в штатных и чрезвычайных ситуациях. Должно быть обеспечено резервирование ключевых элементов комплекса ТСФЗ, обеспечивающих контроль состояния и управление группами ИТСФЗ. В случае выхода их из строя резервирование может осуществляться за счет компенсирующих мероприятий (с использованием персонала, организационных и технических мер), а также за

счет дополнительных комплектов оборудования (ЗИПа). Для связи и передачи данных должны предусматриваться резервные каналы передачи информации.

Нарушение функционирования отдельных составляющих СФЗ и элементов комплекса ИТСФЗ не должно приводить к нарушениям функционирования СФЗ в целом. Для повышения надежности и живучести СФЗ должны использоваться соответствующие технические решения и организационные меры.

Принцип регулярности контроля функционирования. Контроль состояния физической защиты должен осуществляться на ведомственном уровне и на уровне ЯО.

С целью определения эффективности СФЗ и отработки вопросов взаимодействия периодически должны проводиться учения, а также проводиться оценка эффективности СФЗ.

Уведомление о выявленном случае хищения ЯМ, ЯУ или совершения диверсии, попытке совершения таких действий или об обнаружении похищенных либо пропавших ЯМ, ЯУ должно проводиться в течение часа в установленном порядке.

Комплекс ИТСФЗ должен иметь в своем составе средства, позволяющие осуществлять с пунктов управления в ручном и/или автоматическом режиме дистанционный контроль состояния и работоспособности ТСФЗ, имеющих каналы проверки.

1.3 Стадии и этапы создания и совершенствования систем физической защиты

Работа начинается с изучения ЯО в целом (геополитическое расположение, архитектурные особенности, климатические и природные условия и т.д.).

Предпроектная стадия начинается с анализа уязвимости ЯО с целью определения важных центров, таких как: места хранения ЯМ, элементы системы, важные для безопасности ЯУ и т.д. В дальнейшем будем называть их предметами физической защиты (ПФЗ).

Затем производится категорирование ПФЗ, мест их нахождения (помещений и зданий ЯО) и ЯО в целом. В качестве критериев для категорирования выступают категория ЯМ и возможные последствия несанкционированных действий.

Концептуальное проектирование СФЗ направлено на синтез структуры и состава СФЗ и оценку основных характеристик выбранного ее варианта. На этапе обоснования инвестиций большее внимание уделяют экономическим аспектам, схемам реализации предложенных выше концептуальных решений. После указанных этапов появляются исходные данные для составления обоснованного технического задания на СФЗ.

На стадии проектирования разрабатывается технико-экономическое обоснование (проект) СФЗ и чертежи, по которым в дальнейшем будет реализовываться КТСФЗ. [5]

Стадия ввода в действие СФЗ должна включать:

- организационные мероприятия, в том числе подготовку ЯО и персонала физической защиты к вводу в действие СФЗ, организацию комплекса режимных, инженерно-технических и иных мероприятий, проводимых силами и средствами подразделений охраны при непосредственном участии руководства ядерных объектов и других взаимодействующих органов с целью недопущения несанкционированного проникновения нарушителей на ядерный объект и их нейтрализации, разработку объектовых документов по физической защите, организацию контроля;
- оборудование ядерного объекта совокупностью инженерных и технических средств, предназначенных для решения задач физической защиты (далее - ИТСФЗ), в том числе комплектование, строительные-монтажные и пусконаладочные работы;

- испытания и приемку в эксплуатацию комплекса ИТСФЗ;
- аттестацию по требованиям безопасности информации и приемку системы физической защиты приемочными комиссиями. [6]

1.4 Нормативно-правовое обеспечение в сфере учета и контроля

Наличие ядерного материала в силу особенностей их возможного использования оказывает сильное влияние, как на международную безопасность, так и на экономическое и политическое положение стран. Возможность ядерной и радиационной опасности такого рода материалов определяет отнесение технологических процессов по обращению с ними к оказывающим негативное влияние на окружающую среду. В первую очередь эти особенности и определили необходимость создания системы государственного учета и контроля ядерных материалов.

В основе системы государственного учета и контроля ядерных материалов Российской Федерации лежит концепция, одобренная Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. №255 «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» НП-030-12 (далее Концепция). Она определяет назначение, цели и принципы учета и контроля ядерных материалов и основные требования к их учету и контролю. Правовую основу системы государственного учета и контроля ядерных материалов составляют законы, нормативные правовые акты и федеральные нормы и правила учета и контроля ядерных материалов.

К основным функциям системы отнесены:

- разработка и внедрение обоснованных норм и правил УиК ЯМ;
- УиК ЯМ;
- надзор за системой.

Структура системы состоит из двух уровней: федерального и ведомственного. На федеральном уровне государственный УиК ЯМ, предназначенных для использования в мирных целях, осуществляет

Министерство Российской Федерации по атомной энергии. Надзорные функции за этой системой выполняет Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности. Перемещение ядерных материалов через таможенную границу контролирует Государственный таможенный комитет Российской Федерации.

Концепция определила, что учету и контролю в Российской Федерации подлежат следующие ядерные и специальные неядерные материалы независимо от химического соединения, в которое они входят, и их физического состояния:

Ядерные материалы:

- Плутоний;
- Уран (за исключением урана, содержащегося в руде);
- Торий (за исключением тория, содержащегося в руде);
- Нептуний-237;
- Америций-241;
- Америций-243;
- Калифорний-252.

Специальные неядерные материалы

- Дейтерий;
- Тритий;
- Литий-6.

Согласно Концепции «специальные неядерные материалы» это материалы, не содержащие или не способные воспроизвести ядерные материалы, но которые могут быть использованы в устройствах, предназначенных для осуществления взрывного выделения внутриядерной энергии (ядерного взрыва).

Для обеспечения различных потребностей учета и контроля используются следующие виды оборудования:

- средства измерения для проведения учетных и подтверждающих измерений характеристик ядерных материалов;

- средства радиационного мониторинга;
- средства штрихового кодирования для автоматизации процесса идентификации объектов для проверки атрибутивных признаков ядерных материалов;
- средства контроля доступа к ядерным материалам, включающие:
 - системы наблюдения,
 - устройства индикации вмешательства;
 - вычислительная техника и сетевое оборудование для автоматизированных систем учета и контроля отдельных зон баланса материалов и всего предприятия в целом [11].

Основная цель контроля ЯМ – предотвратить или быстро обнаружить потерю ЯМ. В основе контроля и учета материалов – установление баланса материалов в ядерных технологических процессах. Согласно Концепции основными принципами государственного учета и контроля ядерных материалов являются следующие положения:

- ЯМ подлежат учету и контролю, начиная с минимального количества, указанного в нормативных документах в сфере УиК ЯМ РФ;
- учет и контроль ЯМ при экспорте или импорте должен осуществляться в соответствии с нормативными документами в сфере УиК ЯМ РФ;
- ЗБМ организовывается в пределах ПХЯМ или ЯУ.
- в каждой ЗБМ должны быть определены КТИ ЯМ;
- учет ЯМ основывается на результатах учетных измерений параметров (характеристик) ЯМ, а также различных соединений, смесей, сплавов и изделий, УЕ, содержащих ЯМ, а также ЯМ в виде простых веществ, регистрации результатов измерений в качестве учетных данных.
- документально зарегистрированное количество ЯМ, находящихся в каждой ЗБМ, определяется в течение МБП на основании результатов измерений поступивших и отправленных продуктов и (или) путем учета и проверок УЕ, сверок сертификатов, журналов, паспортов и др. данных;

- фактически наличное количество ЯМ определяется при проведении физической инвентаризации;
- физической инвентаризации подлежат все ЯМ, находящиеся в ЗБМ [11];

План контроля должен предусматривать методы, используемые для измерения ЯМ. Метод измерений должен обеспечить определение количества и изотопного состава ЯМ. Комплекс измерений должен обеспечить определение всех компонентов расчета количества неучтенного материала (инвентарной разницы). Результаты измерений должны быть защищены от возможной подделки. При выборе метода контроля исходят из свойств материала и условий измерений: физического состояния, чистоты, ожидаемых примесей, требуемой точности определения, расхода времени на отдельный анализ, периодичности анализов, объема анализируемого образца, имеющегося оборудования и СО, квалификации персонала, бюджета.

При контрольных измерениях ЯМ массу материала или его изотопный состав определяют по результатам измерений скорости счета электрических импульсов, изменению силы тока, деформации пружины и т.д. Измеренный эффект и искомая величина связаны с помощью некоторого коэффициента, который получают с помощью калибровки, проводя измерения стандартных образцов на контрольной измерительной установке.

Погрешность определения массы ЯМ зависит от погрешности результата контрольного измерения и неопределенности калибровочного коэффициента. В свою очередь, результат контрольного измерения обычно требует коррекции для учета ряда влияющих факторов, обусловленных особенностями образца ЯМ [12].

2 Описание методов проведения исследования

2.1 Описание ядерного объекта «Исследовательский ядерный реактор»

В соответствии с Правилами физической защиты для осуществления задач физической защиты требуется провести этап анализа уязвимости. Основная цель проведения данного этапа заключается в определение внутренних и внешних угроз, а также предполагаемых способов их осуществления. В ходе анализа уязвимости выделяется модель нарушителя, выявляются уязвимые места ядерной установки, пункта хранения ядерных материалов и технологических процессов эксплуатации и хранения ядерных материалов. Результатом проведения этапа анализа уязвимости является создание эффективной системы физической защиты, препятствующей реализации рассматриваемой угрозы, а также создание условий, поддерживающих бесперебойную работу ядерного объекта [2].

С учетом описанных положений в техническом задании в соответствии с методическими рекомендациями по проведению анализа уязвимости ЯО были рассмотрены соответствующие положения, относящиеся к исследуемому ЯО.

План объекта представлен на рисунке в приложении А.

Основным направлением деятельности данного научно-исследовательского предприятия является проведение научных исследований в области ядерной науки. Объектами испытаний являются как изделия, содержащие ЯМ высокой степени обогащения, так и их макеты.

Научно-исследовательские работы с ЯМ осуществляются во всех зданиях, за исключением административного здания Е и здания Г. Для прохода персонала на территорию объекта оборудован ЛКПП №1. Для проезда железнодорожного состава, осуществляющего перевозку ЯМ, оборудован ЖДКПП №1. Для проезда автотранспорта оборудовано АКПП №1. Кроме того здания В, С и D отгорожены от остальных зданий собственным заграждением, в

котором оборудованы ЛКПП №2 для прохода персонала и АКПП №2 для проезда автотранспорта.

Безопасность объекта обеспечивает специальное вооруженное подразделение сил охраны. Помещение сил охраны располагается на территории предприятия и имеет собственное ограждение.

Описание объекта:

- общая протяженность периметра 2 км;
- особенности территориального расположения ЯО:
 - наличие асфальтированной дороги;
 - расположение населенного пункта на расстоянии 6 км от ЯО;
 - особенности рельефа и иные природные особенности: лесополоса;
 - климатические и погодные условия: плюс 20 °С летом, минус 20 °С зимой;
 - характеристики животного и растительного мира: наличие крупных и мелких животных, птицы;
 - водные пространства; 2 км – водоем, 500 м – река;
 - характеристики грунта и почвы: таежно-лесная зона;
- условия работы ЯО:
 - время начала и окончания смен: с 8:00 до 14:00, с 14:00 до 20:00, с 20:00 до 08:00;
 - особенности доступа персонала к ЯМ, а также условия взаимодействия сотрудников при таком доступе: правило двух лиц при доступе в ОВЗ;
 - количество и особенности автомобильного и железнодорожного транспорта, проходящего через КПП за сутки: 35 автомобилей;
 - порядок доставки сотрудников на ЯО: служебный автобус, личный автомобиль сотрудника.

Расположение зданий на территории объекта, участвующие в технологическом процессе исследовательской деятельности в области атомной науки:

- здание А предназначено для сборки/разборки изделий из деталей, содержащих ЯМ;
- здание В предназначено для подготовки изделий к исследованиям;
- здание С предназначено для проведения испытаний с помощью ядерной установки;
- здание D предназначено для проведения испытаний с помощью неядерной установки;
- здание Е предназначено для проведения исследований деталей, содержащих ЯМ, после проведенных испытаний;
- здание G предназначено для хранения использованных макетов деталей
- здание F представляет собой административное здание, в котором располагается кабинеты руководителей объекта, бухгалтерия, отдел кадров и другие подразделения напрямую не участвующие в исследовательской деятельности предприятия. Через это здание осуществляется проход в здание Е. Для этого оба здания соединены пешеходной галереей.

2.1.1 Характеристики ЯМ и изделий на их основе, находящихся на объекте

В качестве учетных единиц при подготовке и проведению научно-исследовательского процесса рассматривают детали, выполненные из ЯМ металлической формы различной степени обогащения, а также изделия, собранные из этих деталей.

Характеристики ЯМ и изделий на их основе, находящихся на объекте:

- вид изотопа: U^{235} ;

- содержание изотопов по массе (обогащение): 90%;
- масса ЯМ и изделий: 300 г U^{235} в одной ТВС;
- категория согласно классификации, установленной Правилами физической защиты [1]: Б;
- физическая и химическая формы: UO_2+Al ;
- нахождение в составе изделия, в контейнере либо в другом виде: ТВС (длина ТВС – 88 см, диаметр – 7,15 см, вес ТВС – 3,5 кг), ТВЭЛ;
- места хранения: хранилище ТВЭЛ, хранилище готовых ТВС;
- способ хранения: контейнер;
- количество учётных единиц в месте хранения: 100 ТВС в хранилище ТВС, 800 ТВЭЛ в хранилище ТВЭЛ;
- частота и направление перемещения учётных единиц через границы зон баланса материала: 1 раз в месяц (при доставке ТВЭЛ, перемещении готовых ТВС для контроля качества, экспорт ТВС)

2.1.2 Описание работ, осуществляющихся на территории гипотетического объекта

В общих чертах научно-исследовательский процесс выглядит следующим образом:

- в здание А доставляются детали, содержащие ЯМ высокой степени обогащения, а также их макеты;
- полученные детали проверяются и комплектуются для последующей сборки;
- из скомплектованных деталей в установленном порядке собирается изделие и отправляется в здание В;
- в здании В полученное изделие оснащается исследовательскими датчиками и в зависимости от утвержденной программы испытаний отправляется в здание С или D;

- после проведения испытаний объект исследования возвращается обратно в здание В. Далее объект испытаний может быть отправлен на другое испытание или отправлен в здание А на разборку. Для этого на объекте испытаний демонтируют старую исследовательскую аппаратуру (при необходимости устанавливают новую) и осуществляют отправку в установленном порядке;
- в здании А осуществляют разборку изделия, после чего в зависимости от технологического процесса отправляют детали либо за пределы научно-исследовательского объекта, либо в здание F для последующих исследований;
- в здании Е проводятся исследования физических и химических свойств ЯМ, входящих в состав деталей, прошедших испытания на различных установках. Для этого детали разрезаются на различные части и отправляются для исследований;
- в здании G осуществляется временное хранение макетов деталей, участвующих в исследованиях на различных установках;
- после проведения исследований остатки деталей отправляются за пределы объекта для последующей переработки или утилизации.

2.2 Анализ уязвимости ядерного объекта

Характеристики и особенности вида ЯО:

- объект атомной промышленности;
- производство ТВС;
- хранилище и его особенности (хранение ТВС и ТВЭЛ в контейнерах);
- особенности контейнеров: хранение ТВЭЛ в ТУК (материал изделия – чугун, вместимость – 64 ТВЭЛ);
- технологические процессы: доставка заготовок в виде ТВЭЛ, помещение заготовок в хранилище ТВЭЛ, сборка ТВС, контроль качества ТВС,

перемещение в хранилище ТВС готовой продукции, вывоз готовой продукции с предприятия;

Возможные последствия диверсий и хищений ЯМ: последствия категории III, согласно Правилам физической защиты [1]:

- типы (категории) нарушителей: комбинированный – внешний нарушитель первого типа путем шантажа взаимодействует со внутренним нарушителем второго типа (главным инженером);

- цели: диверсия в отношении ПХЯМ (подрыв хранилища ТВЭЛ);

- мотивация: корыстные цели;

- количество нарушителей: 2 человека;

- транспортные средства: личный автомобиль главного инженера;

- оснащение: взрывчатка (пластид 10 кг);

- уровень осведомленности об ЯО: общий уровень осведомленности об СФЗ, основанный на её визуальном изучении, и высокий - о расположении ПФЗ на территории ЯО;

- наличие огнестрельного оружия;

- тактика действий: обманная (поддельные документы и идентификатор);

- сценарий действий: одиночный внешний нарушитель первого типа при содействии шантажируемого нарушителя второго типа подделывают документы и идентификатор для проникновения в охраняемые зоны под видом сотрудника ЯО. Взрывчатку на территорию охраняемых зон проносят в чемодане для инструментов. Через внешнее ЛКПП на территорию ЗЗ, затем – на территорию ВЗ, далее – ОВЗ. На территории ОВЗ проникают в хранилище ТВЭЛ, закладывают взрывчатку и осуществляют подрыв. Внешний нарушитель покидает территорию объекта под видом сотрудника ЯО.

Для организации СФЗ в тех или иных охраняемых зонах требуется на основе АУ выделить ПФЗ и провести этап категорирования, чтоб позволить корректно разместить ПФЗ на территории объекта в той зоне, которая является оптимальной для недопущений несанкционированного доступа к ПФЗ.

Согласно Правилам физической защиты [1] на основе категорирования ПФЗ и определения типа ЯО категорируется ЯО, что в системе атомной энергетики позволяет распределять те или иные требования к СФЗ.

В процессе категорирования ПФЗ в качестве критериев категорирования рассматриваются следующие параметры:

- категория и значимость ЯМ;
- степень секретности ПФЗ;
- категория ПНСД в отношении ПФЗ.

Поскольку в ходе АУ было обозначено, что ЯМ имеет категорию I, а ПНСД оценена в соответствии с принятым сценарием действия МН как категория III, то Правилам физической защиты [1] ПФЗ попадает под категорию Б.

В соответствии с Правилами физической защиты [1] ПФЗ, имеющее категорию Б, располагается в ОВЗ и оснащается КИТСФЗ в соответствии с предписанными требованиями в рассматриваемых документах.

2.3 Разработка программной среды

Диверсия на ядерном объекте может повлечь катастрофические последствия международного и даже глобального масштаба. В связи с этим, возникает необходимость в создании систематического подхода к разработке новых систем физической защиты, а также подготовке высококвалифицированных специалистов, способных сориентироваться в ситуации и выполнить поставленные задачи.

Для организации такой универсальной системы необходимо учитывать особенности предприятия и специфику расположения его объектов, иметь представление о составных частях СФЗ, их взаимодействии в пространстве и времени, наличие территориально обособленных объектов, выбирать средства физической защиты на основе анализа и оценки потенциальных угроз объектам, обеспечивать устойчивое функционирование элементов системы, а также

учесть все факторы, которые могут повлиять на функционирование СФЗ и самого объекта.

Поскольку эффективная разработка и создание такой универсальной системы невозможны в реальных условиях без предварительной практической и теоретической подготовки [20], возникает необходимость в создании учебной программной среды, демонстрирующей систему безопасности ЯО.

Разрабатываемая учебная программная среда включает в себя модель рассматриваемого гипотетического ЯО и выдержки из национальных и международных документов, регламентирующих физическую защиту ЯО, которые дают возможность ознакомиться с существующими проектами СФЗ, а так же провести анализ уязвимости гипотетического объекта и сформулировать предложения по усовершенствованию СФЗ [9].

В качестве примера в программной среде приведено оснащение периметра и КПП ВЗ гипотетического ЯО элементами комплекса ИТСФЗ. Для каждой выделенной зоны были разработаны методические рекомендации по работе с данной программой (Приложение Б, В и Г), которые включают в себя: подробное описание объекта, перечень заданий для студентов и описание оснащения данной зоны КИТСФЗ.

Основным блоком программы является возможность оценить качество СФЗ и включает в себя:

- Визуализация ИСФЗ: указание рубежей охраны с учётом зонирования, заграждений, ограждений, противотаранных устройств, указание мест АКПП, ЛКПП и ж/д КПП;
- Визуализация ландшафта: возможность оценить территорию гипотетического объекта;
- Оснащение ТСФЗ: оборудование периметра и всех КПП СО;
- Режим СОЭН: Оснащение объекта средствами оптико-электронного наблюдения;
- Режим СКУД: определение средств контроля доступа на всех КПП;
- Размещение персонала и постов охраны.

3 Результаты проектирования

3.1 Оснащение периметра и КПИ ВЗ гипотетического ЯО элементами комплекса ИТСФЗ

Согласно Правилам система физической защиты должна предусматривать организацию и создание охраняемых зон, обеспечивающих «эшелонированную» защиту ПФЗ. Исходя из характеристик предметов физической защиты, расположенных на территории гипотетического ядерного объекта, были выделены следующие охраняемые зоны: защищённая, внутренняя и особо важная. Схема границ охраняемых зон представлена в приложении Д.

Целью работы является определение границ внутренней зоны ГЯО, а так же концептуальное проектирование оснащения периметра ВЗ, контрольно-пропускных пунктов ВЗ элементами комплекса инженерно-технических средств физической защиты.

3.2 Оснащение границ ВЗ элементами КИТСФЗ

Оснащение границ ВЗ проводилось исходя из типов угроз, установленных для данного ЯО, а так же согласно соответствующим пунктам Положения. Угрозы и модель нарушителя для ГЯО были определены в главе 2. Процесс определения угроз и модели нарушителя для ГЯО был проведён с учётом территориального расположения ГЯО, основных характеристик объекта, а так же производимого, используемого и хранимого ядерного материала и других индивидуальных особенностей объекта.

Периметр ВЗ оснащён сетчатым ограждением типа «Махаон» высотой 2 м [3] с козырьковым заграждением из колючей проволоки типа АСКЛ «Егоза». Для исключения подкопов под основным ограждением оно заглублено в грунт на глубину не менее 0,3 м. Граница ВЗ ГЯО оборудована одним рубежом СО: вдоль сетчатого ограждения, а так же вдоль козырькового заграждения для

охраны ограждения от преодоления путём перелазы или разрушения полотна ограждения установлен извещатель охранной сигнализации типа Гюрза-035ПЗ. [2] Прибор пассивен, не создаёт внешних излучений, не обнаруживается сканирующими устройствами. Извещатель устойчив к воздействиям импульсного нейтронного потока, электромагнитных полей РЛС, сверхкоротких видеоимпульсов электромагнитных полей. В качестве инженерного средства, препятствующего прорыву транспортных средств на территорию ВЗ ГЯО, предусмотрена установка бетонных блоков на всей протяжённости периметра с внутренней стороны сетчатого. [2] Участок границы ВЗ, проходящий по внутренней поверхности внешней стены административного здания, оборудован вибрационным извещателем охранной сигнализации Гюрза-048ПЗ для охраны строительных конструкций от механических воздействий на пролом. Прибор обнаруживает попытку проникновения на территорию объекта путём механического разрушения стен, полов, потолков и других строительных конструкций, а также жёстких ограждений периметров (железобетонных, кирпичных, металлических и деревянных). Прибор пассивен, не создаёт внешних излучений, не обнаруживается сканирующими устройствами. Извещатель устойчив к воздействиям импульсного нейтронного потока, электромагнитных полей РЛС, сверхкоротких видеоимпульсов электромагнитных полей. На окнах первого этажа стороны административного здания, обращенной на территорию защищённой зоны ГЯО, установлены решётки, оборудованные СО, в частности магнито-контактные датчики на открывающихся створках окон и Гюрза-050ПЗ на оконных решётках, для охраны оконных проёмов и решёток от механических воздействий на их вскрытие или разрушение. Крыша здания оборудована радиолучевым датчиком. Для обеспечения оценки обстановки в случае выявления факта совершения НСД и видеоподтверждения фактов их совершения, а так же для представлении оператору необходимой и достаточной информации об обстановке периметр ВЗ на всей своей протяжённости, включая стены административного здания, оборудован элементами системы оптико-

электронного наблюдения (далее по тексту – СОЭН). [2] Для обеспечения возможности наблюдения за периметром ВЗ на всей его протяжённости оборудованы средства охранного освещения [3]. Светильники охранного освещения устанавливаются на кронштейнах на основном ограждении или отдельных опорах, а так же на кронштейнах, прикреплённых к внешней стороне стены здания. Их количество, высота установки и мощность ламп определяются из необходимости создания освещённости по всей протяженности и не менее 0,75 лк, а также, при необходимости, освещённости, достаточной для работы средств охранного телевидения. С целью исключения скрытого продвижения по территории ГЯО прилегающая местность к границе ВЗ очищена от кустарника, деревья прорежены, исключена возможность использования насаждений для преодоления периметра ВЗ. [5]

3.3 Организация КПП

Периметр ВЗ оснащён двумя КПП с северной стороны ЯО: автомобильным и людским, предназначенными для организации контроля проезда автотранспорта и пропуска людей соответственно на территорию или с территории ВЗ ГЯО, и одним ЖДКПП с западной стороны, для санкционированного проезда железнодорожных составов.

Людской КПП.

Людской КПП оснащён кабиной УАК-РТ шлюзового типа, интегрированной в состав СКУД. При проходе через кабину реализован принцип идентификации личности по присвоенным признакам. Кабина снабжена блоком считывания (БСЧ) информации о сотруднике с индивидуальных RFID-карт, кодонаборным устройством, весовой платформой и детектором ЯМ, ВВ, предметов из металла. В случае чрезвычайной ситуации предусмотрена работа кабины в режиме «транзит» для осуществления беспрепятственной эвакуации персонала с территории объекта. Для осуществления контроля обстановки на территории КПП установлены

элементы СОЭН. С целью недопущения несанкционированного проброса запрещённых к проносу предметов из металла, ВВ, ЯМ на территорию или с территории ГЯО на КПП реализованы дополнительные меры, исключая реализацию проброса. Кабина часового КПП оборудована защитой от стрелкового оружия, стекло в кабине часового имеет затемнение для затруднения наблюдения за действиями часового. В кабине часового установлены телефонный аппарат, кнопки ТВС (скрытно). [2]

Автомобильное КПП.

Автомобильное КПП оборудовано досмотровой площадкой, где устанавливается досмотровая яма, эстакада и колесоотбой. По периметру – ограждение с основными (с внешней стороны) и вспомогательными (с внутренней стороны объекта) воротами [5], оборудованными электроприводом. Высота ограждения периметра устанавливается не менее 2.5м [5], материал ограждения – бетон, по ограждению установлено козырьковое заграждение из колючей проволоки. Весь периметр АКПП оборудован двумя рубежами средств охранной сигнализации, основанных на различных физических принципах действия. Внутри периметра устанавливаются видеокамеры для контроля обстановки, а так же по периметру для контроля подступов к нему. [2] Для освещения транспорта снизу, сверху и с боков на КПП устанавливаются светильники охранного освещения. Для этих целей могут также использоваться переносные светильники. Освещенность внутри людских досмотровой площадки – 3 лк. [2]

Пост транспортного КПП оборудован кабиной часового, в которой установлены средства постовой связи и средства тревожно-вызывной сигнализации. Так же она оборудована защитой от стрелкового оружия, стекло в кабине часового имеет затемнение для затруднения наблюдения за действиями часового. Дверь ведущая за периметр АКПП укреплена и оборудована СКУД, такими как блок считывания (БСЧ) информации о сотруднике с индивидуальных RFID-карт и кодонаборное устройство, стены постройки так же укреплены, а стена совпадающая с границей КПП

оборудована датчиком на разлом. Крыша здания оборудована радиолучевым датчиком.

Железнодорожный КПП

Железнодорожный контрольно-пропускной пункт оборудован постом охраны, который располагается в кабине. Железнодорожный путь проходит через досмотровую площадку по насыпи высотой 1 м.

Досмотровая площадка (Размером 60x10 м) оборудована: ограждением из сетки, высотой 2,5 м, проходящим по периметру площадки, 3 калитками для обеспечения прохода сил охраны.

Железнодорожные ворота (Железные, ширина – 2,5 м, двустворчатые), установлены в разрыв основного ограждения. Ворота, с целью самопроизвольного перемещения, в закрытом положении запираются, а в открытом фиксируются. Их опоры забетонированы и укреплены укосинами;

Железнодорожными воротами (Сетчатые, ширина – 2,5 м, двустворчатые), которые установлены в разрыв внутреннего ограждения;

В разрыве ограждения досмотровой площадки установлен шлагбаум. Расстояние от дорожного полотна до стрелы шлагбаума в закрытом положении – 1,5 м.

Для досмотра вагонов оборудована эстакада, которая представляет собой установленное на опорах пролётное строение с настилом, для выхода на которое установлена лестница.

Кабина контролера представляет собой здание из кирпича, высотой 3 м.

Освещение периметра осуществляется при помощи 6 светильников с люминесцентными лампами.

Для оценки обстановки на территории ЖДКПП, на столбах освещения (на высоте 4,5 м) установлены видеокамеры.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был произведен анализ нормативно-правовых документов по учету, контролю и физической защите ядерных материалов.

В рамках поставленной задачи была представлена характеристика гипотетического предприятия, осуществляющего исследовательскую деятельность в области ядерной науки, разрабатываемая программная среда и составлены методические рекомендации.

Работа включает в себя:

- Общую схему/план объекта с указанием всех зданий, периметровых заграждений, КПП и расположения сил реагирования (охраны);
- Описания работ, проводимых в зданиях, а также типов имеющихся в наличии ядерных материалов;
- Описание разрабатываемой программной среды;
- Методические рекомендации.

Были вычислены основные финансовые показатели, присущие данной работе, такие как трудоемкость, финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность. В частности, были определены основные затраты, понесенные при выполнении данной работы. Они составили 5037 руб.

Рабочие места, на которых выполнялась данная работа, были проанализированы на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей. Были сформулированы основные методы минимизации их воздействий и защиты от них.

При реализации, программная среда включающая в себя модель ЯО, а также методическое пособие, будет являться универсальной образовательной средой, за счет своих особенностей и функциональности, а также имеющую большое прикладное значение, позволяющую не только теоретически изучить особенности систем физической защиты, но и практически отработать навыки работы с ними.

Список публикаций студента

1. Шаравин А. В. создание учебной среды по теме разработка и проектирование модели ядерного объекта и системы физической защиты [текст]/ А. В. Шаравин // Сборник тезисов VIII Международной научно-практической конференции «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине» / НИ ТПУ, Томск. – Томск, 2016. – С. 262;

Список использованных источников

1. Об утверждении правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов [Текст]: постановление Правительства РФ от 19 июля 2007 г. // Собрание законодательств Российской Федерации. - 2007. – № 31. – ст. 4081;
2. Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии». С изменениями от 11.11.2003 г. №140-ФЗ.
3. Постановление Правительства РФ от 19.07.2007 № 456 «Об утверждении правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов».
4. Физическая защита ядерных объектов: Учебное пособие для вузов/ П.В. Бондарев, А.В. Измайлов, А.И. Толстой; Под ред. Н.С. Погожина. – М.: МИФИ, 2008. – 584 с.: илл.
5. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-083-07 «Требования к системам физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов» (утв. постановлением Ростехнадзора от 27.12.07 № 7).
6. Основы учета, контроля и физической защиты ядерных материалов: Учебное пособие / Под ред. Э.Ф. Крючкова. М.: МИФИ, 2007. – 544 с.
7. Системы физической защиты. Рекомендации по проведению анализа уязвимости ядерно-опасных объектов [Текст]. – Москва, 2000. – 37 с.;
8. Бояринцев А. В. Проблемы антитерроризма [Текст] / Зуев А. Г., Ничиков А. В. – СПб.: ЗАО «НПП «ИСТА-Системс». – 2008. – 220 с.;
9. ГОСТ Р 51241-08. Средства и системы контроля и управления доступом. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2009. – 24 с.;
10. Белоусов Е. Ф. Основы систем безопасности объектов [Текст] / Гордин Г. Т., Ульянов В. Ф. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2000. – 98с.;

11. About FAR, FRR and EER [Текст]: технический документ. – SYRIS Technology Corp., 2004. – 4 с.;
12. Anil k. Jain. Biometrics: A Tool for information security [Текст] // Transactions on information forensics and security. – 2006. – № 2;
13. Основные правила учета и контроля ядерных материалов (НП 030-12) [Текст]: федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии от 17 апреля 2012 г. № 255 // Собрание законодательств Российской Федерации. - 2007. – № 48. – ст. 834;
14. Бушуев А. В. Методы измерения ядерных материалов [Текст]: учебное пособие. - М: МИФИ, 2007. – 276 с.;
15. Дональд Роджерс. Справочник по методам измерений ядерных материалов [Текст] / пер. с англ. Н. В. Мошкина. – Москва: ВНИИА, 2007. – 695 с.;
16. РД 78.36.003-2002. Инженерно-техническая укрепленность. Технические средства охраны. Требования и нормы проектирования по защите объектов от преступных посягательств [Текст]. – Москва, 2002;
17. Кузьмина Е. А. Методы поиска новых идей и решений [Текст] / Кузьмин А. // Методы менеджмента качества. – 2003. – №1;
18. Кузьмина Е. А. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю [Текст] / Кузьмин А. // Методы менеджмента качества. – 2003. – №7;
19. Основы функционально-стоимостного анализа: учебное пособие [Текст] / под ред. Карпунина М. Г. и Б. И. Майданчика. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.;
20. Крепша Н. В. Безопасность жизнедеятельности: учебно-методическое пособие [Текст] / Свиридов Ю.Ф. – Томск: ТПУ. – 2003. – 145 с.;
21. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Текст]. – Москва: Издательство стандартов. – 1974;
22. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ – 99/2010) [Текст]. – Москва, 2010;

23. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Текст]. – Москва: Издательство стандартов. – 1982;

24. САНПИН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст]. - Москва, 2003;

25. Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения [Текст]. – Томск: ТПУ. – 2013.

Приложение А Общая схема объекта

Приложение Б Основы создания (совершенствования) СФЗ АКПП зоны ограниченного доступа

Задание:

1. Изучите общее описание объекта и СФЗ АКПП №1 (Приложение Б);
2. Проведите целевую инспекцию СФЗ АКПП. При инспектировании необходимо учитывать базовые принципы построения СФЗ;
3. Оцените качество СФЗ АКПП. Замечания оформите в виде «Перечня замечаний по целевой инспекции СФЗ АКПП. Замечания должны иметь ссылки на требования, используемые в мировой практике.

После согласования Перечня замечаний с руководителем выполните работы:

1. Составьте акт-предписание целевой инспекции СФЗ АКПП;
2. Сформулируйте выводы и принятые меры, в которых кратко охарактеризуйте состояние обеспечения безопасности предметов ФЗ, укажите по возможности, основные причины нарушений и лиц виновных в допущенных нарушениях;
3. Подготовьте презентацию по выполненным работам.

Оснащение АКПП №1 КИТСФЗ:

Автотранспортный контрольно-пропускной пункт (АКПП) размещен в местах непосредственного въезда/выезда автотранспорта на территорию объекта охраны.

Пост на КПП – круглосуточный, смена 2 человека.

Контролеры АКПП располагаются в постовой будке, установленной в разрыв сетчатого ограждения территории АКПП, которая построена из белого кирпича размером 3х4м, высотой 3,2м и толщиной стен – 125мм.

Внешние ворота КПП (распашные, двухстворчатые, металлические, автоматические) оборудуются механическим запором и герконовым извещателем. Расстояние между дорожным покрытием и нижним краем ворот АКПП составляет – 200мм.

Дополнительная зона досмотра автомобиля в районе ворот контролируется однопозиционным радиолучевым средством обнаружения, установленным на стенке КПП, на высоте 2,2м.

Внутренние ворота КПП заменены шлагбаумом.

Для осмотра автомобилей снизу досмотровая площадка оборудована досмотровой ямой. Длина ямы составляет 2,3 м, ширина – 1,6 м, глубина – 1,2м. Вход в яму устроен с торцевой стороны (со стороны внешних ворот).

Для осмотра автомобилей сверху досмотровая площадка оборудована эстакадой. Досмотровая эстакада представляет собой установленное на опорах пролетное строение длиной 4,5 м с настилом, для входа на которое установлена лестница.

Рубеж вокруг площадки досмотра автомобилей закрыт трибоэлектрическим СО, установленным на полноростовом сетчатом заграждении (высота 2м). Для прохода персонала охраны на досмотровую площадку ограждение имеет калитку, оборудованную механической защелкой.

Блоки обработки сигналов вибрационного средства обнаружения установлены в шкаф участковый, расположенный в кабине контролера АКПП и блокируется на открывание магнитноконтakтным датчиком.

Охранное освещение – 6 светильников с натривой лампой. Освещенность на площадке КПП – 10 лк. Также предусмотрено аварийное освещение.

Кабина контролера оснащена кнопкой тревожно-вызывной сигнализации.

Присутствует СОЭН.

Приложение В Основы создания (совершенствования) СФЗ ЛКПП для прохода людей на периметре зоны ограниченного доступа

Задание:

1. Изучите общее описание объекта и СФЗ ЛКПП № 1 (Приложение В);
2. Проведите целевую инспекцию СФЗ ЛКПП. При инспектировании необходимо учитывать базовые принципы построения СФЗ;
3. Оцените качество СФЗ ЛКПП. Замечания оформите в виде «Перечня замечаний по целевой инспекции СФЗ ЛКПП. Замечания должны иметь ссылки на требования, используемые в мировой практике.

После согласования Перечня замечаний с руководителем выполните работы:

1. Составьте акт-предписание целевой инспекции СФЗ ЛКПП;
2. Сформулируйте выводы и принятые меры, в которых кратко охарактеризуйте состояние обеспечения безопасности предметов ФЗ, укажите по возможности, основные причины нарушений и лиц виновных в допущенных нарушениях;
3. Подготовьте презентацию по выполненным работам.

Оснащение ЛКПП номер 1 КИТСФЗ:

Людской контрольно-пропускной пункт (ЛКПП) располагается на первом этаже административного здания.

Количество персонала: 1250 человек в 3 смены:

1 смена – 300 чел;

2 смена – 700 чел;

3 смена – 250 чел.

На территории ЛКПП расположены:

Проходная зона:

1. Вестибюль. Вход в вестибюль оборудован 3 дверьми. Двери стеклянные. Двери закрываются с 24:00 до 06:30 на электромеханические замки и берутся под охрану. В остальное время двери сняты с охраны. Помещение

имеет 3 окна с двойным остеклением. Вестибюль просматривается видеокамерой с широкофокусным объективом, установленной на стене бюро пропусков.

2. Бюро пропусков, имеет металлическую дверь. Окно, выходящее в вестибюль, оборудовано бронестеклом. Для выдачи пропусков установлен лоток. Бюро пропусков работает с 07:30 до 17:00; в остальное время закрывается на электромеханический замок, опечатывается и сдается под охрану.

3. Камера хранения, оборудована пластиковой дверью. Перегородки – гипсокартон. Стены граничащие с защищенной зоной – кирпичные. Камера хранения оборудована стеллажами для хранения личных вещей сотрудников; работает с 08:00 до 22:00, в остальное время – закрыта на механический замок.

4. Кладовая, оборудована пластиковой дверью. Помещение имеет 1 окно с двойным остеклением.

Зона ограниченного доступа:

1. Вестибюль. Вход в вестибюль оборудован 3 металлическими дверьми. Двери закрываются с 24:00 до 06:30 на электромеханические замки и берутся под охрану. В остальное время двери сняты с охраны. Помещение имеет 1 окно с двойным остеклением. Вестибюль просматривается видеокамерой с широкофокусным объективом, установленной на стене комнаты технического персонала.

2. Комната досмотра, оборудована металлической дверью. Перегородки – легкие, гипсокартон.

3. Комната технического персонала. Двери закрываются с 20:00 до 06:30 на механические замки. Помещение имеет 3 окна с двойным остеклением.

4. Вход в коридор 1 этажа правого крыла здания (защищенная зона) оборудован металлической дверью. Двери закрываются с 20:00 до 06:30 на механические замки.

КПП оборудовано:

- Бронекабиной контролера КПП, которая оборудована:

1. Металлической дверью, на электромагнитном замке. Замок управляется с бронекабины от кнопки, при необходимости дверь может быть заблокирована с центрального пункта управления;

2. 2 бронестекла, позволяющие просматривать вестибюль защищенной зоны и незащищенной зоны;

3. бронестеклом с лотком, позволяющим производить проверку документов у персонала (пропуск и паспорт);

4. Одним устройством ТВС;

5. Охранным освещением;

Телефонной связью с оператором ЦПУ.

- пятью шлюзами: по два на вход (1,3) и два на выход (2,4). Шлюз №5 предназначен для прохода персонала по временным и разовым пропускам. Управление проходом через шлюзы 1-4 возможно с бронекабины с помощью пульта управления или автоматическом режиме, от электронного блока системы контроля доступа. Каждый шлюз оборудуется двумя проксимити считывателями карт: один на вход, один на выход.

Внутри шлюзы оборудованы:

1. Кодонаборным устройством;

2. Весовой платформой;

3. Обнаружителем ЯМ;

4. Телевизионной камерой.

На КПП имеются два ручных металлодетектора, которые размещены в комнате досмотра.

Тактика прохода:

Доступ сотрудника на территорию завода осуществляется по следующей схеме:

1. При поднесении сотрудником пропуска к считывателю, установленном у входной двери шлюза, происходит идентификация пользователя и проверка полномочий владельца пропуска на проход в(из) данную зону в указанный период времени.

2. При наличии прав сотрудник проходит в кабину шлюза, где вводит свой код на кодонаборном устройстве и проходит проверку на досмотровом оборудовании. При этом включается камера и контролеру КПП выводится фотография из базы данных и изображение посетителя.

3. При совпадении изображения посетителя и фотографии из базы данных – контролер ЛКПП дает разрешение на проход. Выход посетителя из шлюза разрешается при наличии разрешения контролера ЛКПП, правильной идентификации по коду, совпадении весовых характеристик и при отсутствии срабатываний досмотрового оборудования.

4. Временные пропуска оформляются и изымаются по окончании срока действия, проход по этой карте будет автоматически запрещен.

5. При предъявлении недействительного или запрещенного пропуска, не принадлежащего системе, двери кабины шлюза не откроются. При неправильно набранном коде – дается одна попытка на повторный набор кода. Двери шлюза не разблокируются и на экране бронекабины появится тревожное сообщение синструкцией, сопровождающееся внешней звуковой и световой сигнализацией при:

- Повторно неправильно набранном коде;
- Несовпадении веса;
- Срабатывании радиационного портала на обнаружение;
- Отсутствии разрешения на проход от контролера КПП.

После получения права доступа сотрудники и посетители периодически контролируются с помощью ручных металлодетекторов на наличие запрещенных металлических предметов.

Приложение Г Основы создания (совершенствования) СФЗ ЖДКПП зоны ограниченного доступа

Задание:

1. Изучите общее описание объекта и СФЗ ЖДКПП (Приложение Г);
2. Проведите целевую инспекцию СФЗ ЖДКПП. При инспектировании необходимо учитывать базовые принципы построения СФЗ;
3. Оцените качество СФЗ ЖДКПП. Замечания оформите в виде «Перечня замечаний по целевой инспекции СФЗ ЖДКПП. Замечания должны иметь ссылки на требования, используемые в мировой практике.

После согласования Перечня замечаний с руководителем выполните работы:

1. Составьте акт-предписание целевой инспекции СФЗ ЖДКПП;
2. Сформулируйте выводы и принятые меры, в которых кратко охарактеризуйте состояние обеспечения безопасности предметов ФЗ, укажите по возможности, основные причины нарушений и лиц виновных в допущенных нарушениях;
3. Подготовьте презентацию по выполненным работам.

Оснащение железнодорожного контрольно-пропускного пункта (ЖДКПП) КИТСФЗ:

Интенсивность движения составов – 4 состава в месяц.

Пост охраны ЖДКПП располагается в кабине. Железнодорожный путь проходит через досмотровую площадку по насыпи высотой 1 м.

Досмотровая площадка (Размером 60x10 м) оборудована:

Ограждением из сетки, высотой 2,5 м, проходящим по периметру площадки. Ограждение оборудовано 3 калитками для обеспечения прохода сил охраны.

Железнодорожными воротами (Железные, ширина – 2,5 м, двустворчатые), которые установлены в разрыв основного ограждения. Ворота, с целью самопроизвольного перемещения, в закрытом положении запираются, а в открытом фиксируются. Их опоры забетонированы и укреплены укосинами;

Железнодорожными воротами (Сетчатые, ширина – 2,5 м, двустворчатые), которые установлены в разрыв внутреннего ограждения;

Шлагбаумом, установленным в разрыве ограждения досмотровой площадки. Расстояние от дорожного полотна до стрелы шлагбаума в закрытом положении – 1,5 м.

Эстакадой для досмотра вагонов. Досмотровая эстакада представляет собой установленное на опорах пролётное строение с настилом, для выхода на которое установлена лестница.

Кабиной контролера – здание из кирпича, высотой 3 м.

Освещением – 6 светильников с люминесцентными лампами. Освещенность – 15 Лк.

Двумя видеокамерами, установленными на столбах освещения на высоте 4,5 м, для оценки обстановки на территории ЖДКПП.

Приложение Д Схема границ охраняемых зон

Приложение Е Матрица SWOT

Возможности и угрозы	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>C1. Проект соответствует требованиям нормативно-правовых документов</p> <p>C2. Высокий уровень квалификации специалистов</p> <p>C3. Высокая эффективность взаимодействия персонала</p> <p>C4. Высокая степень контроля со стороны государства</p> <p>C5. Использование современного оборудования</p>	<p>Сл1. Узкая специализация проекта (применим только к ядерному объекту)</p> <p>Сл.2. Необходимость защиты информации о СФЗ и ее функционировании</p> <p>Сл.3. Недостаток сертифицированных технических средств реализации проекта на рынке</p> <p>Сл4. Необходимость дорогостоящего этапа лицензирования</p> <p>Сл5. Высокая стоимость оборудования СФЗ и комплектующих элементов</p>
<p>B1. Сотрудничество с международными организациями в области атомной энергетики</p> <p>B2. Финансирование со стороны государства</p> <p>B3. Применение на объектах развивающейся отрасли (атомная энергетика)</p> <p>B4. Возможность использования современных информационных технологий</p>	<p>Получение опыта от ведущих мировых специалистов в области атомной энергетики</p> <p>Создание наиболее эффективной системы физической защиты на ядерном объекте</p> <p>Проведение учений персонала систем физической защиты от несанкционированных</p>	<p>Высокие затраты на защиту информации</p> <p>Необходимость ограничения доступа на объект</p> <p>Невозможность применения широкого спектра оборудования для реализации на ядерном объекте</p>

В5. Возможность работы с консультирующими органами в сфере ядерной энергетики	действий на объекте	
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Возможность совершения акта ядерного терроризма</p> <p>У2. Неустойчивая экономическая ситуация в стране</p> <p>У3. Недостаток квалифицированных кадров в области атомной энергетики</p> <p>У4. Вероятность совершения неумышленных действий персоналом</p> <p>У5. Изменение модели нарушителя</p>	<p>Возможность пресечения НСД</p> <p>Потребность в высококвалифицированных специалистах</p> <p>Возможность финансирования со стороны государства</p>	<p>Утечки информации об организации и функционировании СФЗ</p> <p>Кража персональных данных сотрудников ЯО</p> <p>Недостаток финансирования со стороны государства</p>

Приложение Ж Временные показатели проведения научного исследования

		Руководитель	Лаборант	Студент	Т _{рi}	Т _{кi}
1	t _{мин}	0,05	-	-	0,07	1
	t _{мах}	0,1	-	-		
	t _{ожид}	0,07	-	-		
2	t _{мин}	0,1	-	-	0,18	1
	t _{мах}	0,3	-	-		
	t _{ожид}	0,18	-	-		
3	t _{мин}	0,05	-	-	0,07	1
	t _{мах}	0,1	-	-		
	t _{ожид}	0,07	-	-		
4	t _{мин}	-	-	5	7	11
	t _{мах}	-	-	10		
	t _{ожид}	-	-	7		
5	t _{мин}	-	-	4	5,6	9
	t _{мах}	-	-	8		
	t _{ожид}	-	-	5,6		
6	t _{мин}	-	-	3	3,8	6
	t _{мах}	-	-	5		
	t _{ожид}	-	-	3,8		
7	t _{мин}	-	-	3	3,8	6
	t _{мах}	-	-	5		
	t _{ожид}	-	-	3,8		
8	t _{мин}	-	0,05	0,05	0,055	1
	t _{мах}	-	0,2	0,2		

9	$t_{\text{мин}}$	0,5	-	-	0,7	2
	$t_{\text{мах}}$	1	-	-		
	$t_{\text{ожид}}$	0,7	-	-		
10	$t_{\text{мин}}$	0,1	-	-	0,26	1
	$t_{\text{мах}}$	0,5	-	-		
	$t_{\text{ожид}}$	0,26	-	-		
11	$t_{\text{мин}}$	-	-	1	1,4	3
	$t_{\text{мах}}$	-	-	2		
	$t_{\text{ожид}}$	-	-	1,4		
12	$t_{\text{мин}}$	-	-	0,5	0,7	1
	$t_{\text{мах}}$	-	-	1		
	$t_{\text{ожид}}$	-	-	0,7		
13	$t_{\text{мин}}$	-	-	0,1	0,14	1
	$t_{\text{мах}}$	-	-	0,2		
	$t_{\text{ожид}}$	-	-	0,14		
14	$t_{\text{мин}}$	-	-	1	1,4	3
	$t_{\text{мах}}$	-	-	2		
	$t_{\text{ожид}}$	-	-	1,4		
15	$t_{\text{мин}}$	-	-	0,02	0,032	1
	$t_{\text{мах}}$	-	-	0,05		
	$t_{\text{ожид}}$	-	-	0,032		
16	$t_{\text{мин}}$	-	0,05	0,05	0,045	1
	$t_{\text{мах}}$	-	0,15	0,15		
	$t_{\text{ожид}}$	-	0,09	0,09		
17	$t_{\text{мин}}$	-	-	7	8,2	13
	$t_{\text{мах}}$	-	-	10		

Приложение 3 Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнитель	Т _{кi} , кал. день	Продолжительность выполнения работ			
			1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
1	Руководитель	1	■			
2	Руководитель	1	■			
3	Руководитель	1	■			
4	Студент	11		■	■	
5	Студент	9		■	■	
6	Студент	6		■	■	
7	Студент	6		■	■	
8	Студент, лаборант	1			■	■
9	Руководитель	1			■	■
10	Руководитель	1			■	■
11	Студент	3			■	■
12	Студент	1			■	■
13	Студент	1			■	■
ид работы	Исполнитель	Т _{кi} , кал. день	Продолжительность выполнения работ			
			1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
14	Студент	3				■
15	Студент	1				■
16	Студент, лаборант	1				■
17	Студент	12				■
Условные обозначения			■ – руководитель	■ – студент	■ – лаборант	