

**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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы                                                                                 |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| <b>Обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами<br/>на атомной станции</b> |  |  |  |  |

УДК 621.039.54:621.039.58:621.311.25:621.039

Студент

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата |
|--------|----------------------|---------|------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |         |      |

Руководитель

| Должность           | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент<br>ОЯТЦ ИЯТШ | Степанов Б.П. | к.т.н.                    |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность       | ФИО               | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------|-------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОГСН ШИП | Конотопский В. Ю. | к.э.н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

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

---

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
22.04.2019 Бычков П.Н.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

|                     |
|---------------------|
| Бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО                  |
|--------|----------------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |

Тема работы:

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

|                                          |               |
|------------------------------------------|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 03.06.2019 г. |
|------------------------------------------|---------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

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

|                                                                             |                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                             | зон исходя из требований организации охраняемых зон, СФЗ и ЗБМ для СУиК ЯМ). |
| <b>Перечень графического материала</b>                                      | Схема ядерного объекта – обязательный чертеж                                 |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>           |                                                                              |
| <b>Раздел</b>                                                               | <b>Консультант</b>                                                           |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение             | Конотопский В.Ю.                                                             |
| Социальная ответственность                                                  | Гоголева Т.С.                                                                |
| <b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b>    |                                                                              |
| 1 Организация систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте |                                                                              |
| 2 Описание объекта                                                          |                                                                              |
| 3 Результаты проектирования и измерений                                     |                                                                              |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и энергосбережение            |                                                                              |
| 5 Социальная ответственность                                                |                                                                              |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 22.04.2019 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность           | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|---------------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОЯТЦ<br>ИЯТШ | Степанов Б.П. | к.т.н.                 |         | 22.04.2019 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата       |
|--------|----------------------|---------|------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |         | 22.04.2019 |

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

Студенту:

| Группа | ФИО                  |
|--------|----------------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |

| Школа               | ИЯТШ        | Отделение                 | ОЯТЦ                                                                                         |
|---------------------|-------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии/<br>Безопасность и нераспространение ядерных материалов |

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

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Оклад научного руководителя – 33664 руб.;</li> <li>– Оклад мл. научного сотрудника – 15470 руб.;</li> <li>– Тариф на электроэнергию – 5,748 руб. за 1 кВт·ч.</li> </ul> |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | —                                                                                                                                                                                                                |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 30 %;</li> <li>– Ставка НДС – 20 %.</li> </ul>                                                                           |

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

|                                              |                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Организация и планирование работ          | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет продолжительности этапов работ;</li> <li>– Построение линейного графика работ;</li> <li>– Расчет накопления готовности проекта.</li> </ul> |
| 2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта |                                                                                                                                                                                            |
| 3. Оценка экономической эффективности        |                                                                                                                                                                                            |

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

|                          |
|--------------------------|
| 1. Линейный график работ |
|--------------------------|

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 22.04.2019 |
|------------------------------------------------------|------------|

**Задание выдал консультант:**

| Должность       | ФИО               | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------------|-------------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент ОГСН ШИП | Конотопский В. Ю. | к.э.н.                 |         | 22.04.2019 |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата       |
|--------|----------------------|---------|------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |         | 22.04.2019 |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| Группа | ФИО                  |
|--------|----------------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |

| Школа               | ИЯТШ        | Отделение                 | ОЯТЦ                                                                                         |
|---------------------|-------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии/<br>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"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитное излучение);</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).</li> </ul> |
| 2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Требования охраны труда при работе на ПЭВМ;</li> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаровзрывобезопасность;</li> </ul>                                                                                                                     |

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

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

|                                                      |            |
|------------------------------------------------------|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 22.04.2019 |
|------------------------------------------------------|------------|

### Задание выдал консультант:

| Должность              | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|------------------------|---------------|------------------------|---------|------------|
| Ассистент ОЯТЦ<br>ИЯТШ | Гоголева Т.С. | к.ф.-м.н.              |         | 22.04.2019 |

### Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                  | Подпись | Дата       |
|--------|----------------------|---------|------------|
| 0А5Г   | Левковицкая Кристина |         | 22.04.2019 |

## Планируемые результаты обучения

| Код<br>результата | Результат обучения<br>(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                | Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования ; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| P9  | Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.                                                                                                                                                                                                       |
| P10 | Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.                                                                                                                                                                                                            |
| P11 | Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| P12 | Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований. |
| P13 | Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;                                                                                                                                                          |
| P14 | Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.                                                                                                                                        |
| P15 | Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.                                                                                                                                                                                                    |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (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: | 03.06.2019 |
|------------------------------------------|------------|

| 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    | Проведение измерений и анализ полученных результатов  |                                    |
| 03.06.2019    | Сдача работы                                          |                                    |

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

| Должность        | ФИО           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЯТЦ ИЯТШ | Степанов Б.П. | К.Т.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 66 страницы, 10 рисунков, 15 таблиц, 1 приложение.

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

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

Целью работы является формирование условий для безопасной эксплуатации ядерного объекта.

В процессе работы проводился анализ нормативно-правовых актов по вопросам организации и функционирования СФЗ и СУиК ЯМ на ЯО, формулирование требований к оснащению элементами КИТСФЗ ВЗ.

В результате представлен проект по оснащению КИТСФЗ ВЗ ЯО.

## **Сокращения**

- АКПП – автомобильный контрольный пропускной пункт;  
АЭС – атомная электростанция;  
ВЗ – внутренняя зона;  
ВКР – выпускная квалификационная работа;  
ЖДКПП – железнодорожный контрольный пропускной пункт;  
ЗБМ – зона баланса материалов;  
ЗПУ – запорно-пломбировочное устройство;  
ИР – инвентаризационная разница;  
КТИ – контрольная точка измерений;  
КИТСФЗ – комплекс инженерно-технических средств физической защиты;  
ЛКПП – людской контрольный пропускной пункт;  
МБО – межбалансовый отчет;  
МБП – межбалансовый период;  
НИР – научно-исследовательская работа;  
НСД – несанкционированный доступ;  
ОТВС – облученная тепловыделяющая сборка;  
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;  
ПК – персональный компьютер;  
ПНСД – последствия несанкционированных действий;  
ПП – Постановление Правительства;  
ПФЗ – предмет физической защиты;  
ПХ – пункт хранения;  
РБМК – реактор большой мощности канальный;  
РЗМ – разгрузочно-загрузочная машина;  
СКУД – система контроля и управления доступом;  
СОС – система охранной сигнализации;  
СОЭН – система оптико-электронного наблюдения;  
СТВС – свежая тепловыделяющая сборка;

СФЗ – система физической защиты;  
СФНК – список фактически наличного количества;  
СУиК – система учета и контроля;  
ТВС – тепловыделяющая сборка;  
ТУК – транспортный упаковочный контейнер;  
УЕ – учетная единица;  
УиК ЯМ – учет и контроль ядерных материалов;  
ФЗ – физическая защита;  
ФИ – физическая инвентаризация;  
ХОЯТ – хранилище отработавшего ядерного топлива;  
ЦПУ – центральный пульт управления;  
ЭВМ – электронно-вычислительная машина;  
ЯМ – ядерные материалы;  
ЯО – ядерный объект;  
ЯТЦ – ядерный топливный цикл;  
ЯУ – ядерная установка.

## Оглавление

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                          | 14 |
| 1 Организация систем физической защиты, учета и контроля на ядерном объекте.....       | 15 |
| 1.1 Функционирование систем физической защиты учета и контроля на ядерном объекте..... | 16 |
| 1.2 Этапы проектирования СФЗ .....                                                     | 16 |
| 1.2.1 Категорирование ПФЗ .....                                                        | 17 |
| 1.3 Процедуры учета и контроля ядерных материалов на предприятии.....                  | 18 |
| 1.3.1 Пломбировочные устройства.....                                                   | 19 |
| 1.3.2 Физическая инвентаризация .....                                                  | 20 |
| 2 Описание объекта.....                                                                | 22 |
| 2.1 Описание технологических процессов на ядерном объекте.....                         | 23 |
| 2.1.1 Описание процессов обращения ядерных материалов .....                            | 23 |
| 2.1.2 Анализ уязвимости.....                                                           | 25 |
| 2.1.3 Модель нарушителя .....                                                          | 26 |
| 2.2 Описание методов анализа ЯМ.....                                                   | 27 |
| 2.3 Вопросы организации СУиК ЯМ на ЯО .....                                            | 29 |
| 2.3.1 Категорирование ЯМ .....                                                         | 29 |
| 3 Результаты проектирования и измерений .....                                          | 30 |
| 3.1 Организация ЗБМ на ЯО .....                                                        | 30 |
| 3.2 Оснащение внутренней зоны КИТСФЗ .....                                             | 31 |
| 3.3 Идентификация спектра неизвестного образца .....                                   | 33 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...                   | 37 |
| 4.1 Организация и планирование работ .....                                             | 37 |
| 4.2 Продолжительность этапов работ .....                                               | 38 |
| 4.3 Расчет накопления готовности проекта .....                                         | 42 |
| 4.4 Расчет сметы на выполнение проекта.....                                            | 43 |
| 4.5 Расчет затрат на материалы .....                                                   | 44 |
| 4.6 Расчет заработной платы .....                                                      | 45 |

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.7 Расчет затрат на социальный налог.....                                                                                               | 46 |
| 4.8 Расчет затрат на электроэнергию .....                                                                                                | 46 |
| 4.9 Расчет амортизационных расходов .....                                                                                                | 47 |
| 4.10 Расчет прочих расходов.....                                                                                                         | 48 |
| 4.11 Расчет прибыли .....                                                                                                                | 49 |
| 4.12 Расчет НДС .....                                                                                                                    | 49 |
| 4.13 Цена разработки .....                                                                                                               | 49 |
| 4.14 Оценка экономической эффективности проекта .....                                                                                    | 50 |
| 5 Социальная ответственность .....                                                                                                       | 51 |
| 5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....                                                                              | 51 |
| 5.2 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния на работающих ..... | 53 |
| 5.2.1 Организационные мероприятия.....                                                                                                   | 53 |
| 5.2.2 Технические мероприятия.....                                                                                                       | 53 |
| 5.2.3 Условия безопасной работы.....                                                                                                     | 55 |
| 5.3 Электробезопасность .....                                                                                                            | 57 |
| 5.4 Пожарная безопасность .....                                                                                                          | 59 |
| Заключение .....                                                                                                                         | 61 |
| Список использованных источников .....                                                                                                   | 62 |

## **Введение**

Атомная энергетика в настоящее время является самой перспективной и эффективной отраслью энергетики. Ядерные материалы и ядерные установки представляют большой интерес для террористических организаций, и как следствие, возникает большая вероятность террористической угрозы. Поэтому приоритетной задачей безопасного использования ядерных технологий является обеспечение режима нераспространения ядерных материалов, что подразумевает организацию на ядерном объекте физической защиты, а также учета и контроля ядерных материалов. Важность такого контроля определяется, в первую очередь, ядерной и радиационной опасностью ядерных материалов и их высокой стоимостью.

Целью выпускной квалификационной работы является формирование условий для безопасной эксплуатации атомной станции с реактором РБМК-1000. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ нормативно-правовых документов по вопросам организации и функционирования систем физической защиты, учета и контроля на атомной станции;
- оснащение элементами КИТСФЗ контрольно-пропускных пунктов на границах внутренних зон, мероприятий в рамках учета и контроля;
- выбор инженерных и технических устройств для оснащения установленной границы внутренней зоны.

Объект исследования: атомная станция с реактором РБМК-1000. Предмет исследования: обеспечение безопасности при обращении с ЯМ. Результаты работы могут быть востребованы на атомных станциях при организации системы физической защиты и системы учета и контроля ЯМ на ядерном объекте.

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

Создание системы физической защиты является обязательным мероприятием на всех этапах проектирования, создания и эксплуатации ядерного объекта. При невыполнении требований нормативно-правовых документов в атомной отрасли по организации СФЗ запрещается эксплуатация ЯО, ЯУ, пунктов хранения ЯМ, а также любые операции с ЯМ в любой форме. Государственную систему физической защиты составляют:

- Федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие управление деятельностью ядерных объектов;
- Федеральные органы исполнительной власти, участвующие в создании, совершенствовании, осуществлении и обеспечении физической защиты;
- Федеральные органы исполнительной власти, осуществляющие государственный надзор за физической защитой;
- эксплуатирующие организации;
- Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» [1].

Таким образом, физическая безопасность обеспечивается на государственном, отраслевом уровнях и на уровне эксплуатирующей организации. Одним из элементов эксплуатации ядерного материала является его перемещение на территории ядерного объекта или между эксплуатирующими организациями. На этих этапах увеличивается опасность возникновения несанкционированного изъятия ядерного материала или совершения акта диверсии, по сравнению со стационарным объектом, находящимся под защитой. Поэтому с учетом определенной государством проектной угрозы, физическая защита должна иметь глубокоэшелонированную структуру. Особое внимание должно уделяться действиям по возвращению ядерного материала в случае его пропажи (похищения). С целью противодействия угрозам диверсии и хищения необходима разработка процедур на случай чрезвычайных ситуаций.

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

Физическая защита – это деятельность в области использования атомной энергии, осуществляемая в целях предотвращения диверсий и хищений в отношении ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения. Для осуществления физической защиты на ядерном объекте должна создаваться система физической защиты, которая включает в себя персонал, организационно-технические мероприятия и комплекс инженерно-технических средств физической защиты [1].

## 1.2 Этапы проектирования СФЗ

СФЗ включает в себя инженерно-технические средства и организационные мероприятия, в том числе силы охраны.

К инженерным средствам ФЗ относятся: физические барьеры (стены, перекрытия, ворота, двери), специальные конструкции, естественные препятствия, посты охраны, а также инженерное оборудование.

К техническим средствам СФЗ относятся различные подсистемы, контролирующие те или иные процессы, осуществляемые в рамках построения СФЗ. Такими системами являются: система охранной сигнализации, система контроля и управления доступом, система оптико-электронного наблюдения и оценки ситуации, система оперативной связи и т. д. Последовательность проведения этапов проектирования СФЗ представлена на рисунке 1.

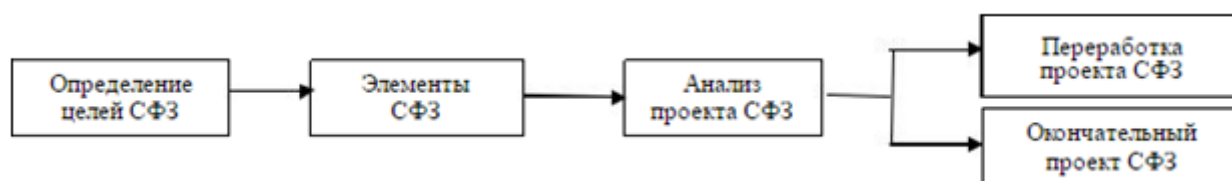


Рисунок 1 – Этапы проектирования СФЗ

Основными функциями СФЗ являются обнаружение, задержка (замедление) нарушителя, реагирование сил охраны. Все элементы системы



физической защиты должны удовлетворять требованиям устойчивости к отказам оборудования, быть пригодными для ремонта, доступными для персонала и удобными в эксплуатации. Необходимо, чтобы все рабочие процедуры системы физической защиты и производственные процессы на объекте были совместимы. Также необходимо обеспечение безопасности в аварийной ситуации и защита системы физической защиты от несанкционированных действий. Эффективность системы физической защиты ядерного объекта определяется ее восприимчивостью к НСД, что достигается при проектировании системы физической защиты ядерного объекта.

### **1.2.1 Категорирование ПФЗ**

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

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

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

- категория последствий несанкционированного действия;
- степень секретности ПФЗ;
- категория ЯМ;
- наличие значимого количества ядерного материала.

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

- секретно (С);

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

Категория ЯМ определяется видом изотопа, его содержанием, степенью облучения и массой ЯМ. Категория мест размещения и хранения ПФЗ определяться исходя из максимальной категории находящихся в них отдельных ЯМ, с учетом последствий НСД в отношении ПФЗ и степени секретности. В соответствии с установленными категориями ПФЗ выделяют следующие категории ЯО:

- I категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории А;
- II категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории Б, не являющиеся ЯО I категории;
- III категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории В или Г, не являющиеся ЯО I и II категории;
- IV категория – ЯО, на которых имеются ПФЗ категории Д, не являющиеся ЯО I - III категории [1].

### **1.3 Процедуры учета и контроля ядерных материалов на предприятии**

На каждом предприятии, обладающем ЯМ, обязательной частью является учет и контроль ядерных материалов. Под учетом ЯМ понимается определение фактически наличных количеств ЯМ на предприятии, для чего организуется комплекс мер и технических средств. Система учёта и контроля ЯМ обеспечивает непрерывный доступ к информации о наличном количестве ЯМ и месте их расположения [2]. «Основные правила учета и контроля ядерных материалов» (ОПУК) (НП-030-12) является главным нормативным документом, который устанавливает требования и критерии учета и контроля ЯМ. Эти правила обязательны для всех лиц, осуществляющих деятельность с ЯМ. ОПУК так же устанавливает перечень и минимальное количество для ЯМ, которые подлежат учету и контролю [3].

Система УиК ЯМ предполагает контроль администрации объекта за наличием и перемещением ЯМ с целью ведения учетных и отчетных документов, регистрации ЯМ, определения наличного количества в местах хранения и исключения несанкционированного использования. Система учета и контроля выполняет следующие задачи:

- определение фактического наличного количества ядерных материалов в местах их расположения;
- ведение регистра, составление учетных и отчетных документов;
- контроль и предотвращение несанкционированного использования и хищения ядерных материалов, а также учет возможных потерь;
- предоставление органам власти информации о наличии и перемещении ядерных материалов [4].

### **1.3.1 Пломбировочные устройства**

Пломбировочные устройства выбираются в соответствии с типом объекта пломбирования. К основным объектам пломбирования в системе учета и контроля ядерных материалов относятся объекты, содержащие ядерный материал и средства, используемые в технологических процессах обращения ЯМ. Классифицировать пломбировочные устройства можно по разным признакам: используемые материалы; конструкция; степень защищенности охраняемого объекта от несанкционированного вскрытия; контроль сохранности пломбы; применение. Классифицировать пломбы по исходному материалу можно следующим образом: бумажные, металлические и пластиковые [5].

Для СУиК ЯМ использование бумажных и металлических пломб не является целесообразным ввиду недостаточной стойкости первых и дороговизны вторых. Использование пластиковых пломб, например, ЗПУ Скот и пластиковые пломбы типа ПК-91, наиболее подходят для задач учета и контроля [5]. Также подходят для использования пломбы типа Кобра и Мультилок, которые являются силовыми тросовыми моноблочными устройствами одноразового использования.

### 1.3.2 Физическая инвентаризация

Физическая инвентаризация проводится для определения фактически наличного количества ЯМ в ЗБМ, установления соответствия фактических параметров УЕ существующим учетным данным, подведения баланса ЯМ, определения ИР, проверки ведения учета и контроля ЯМ. Физические инвентаризации проводятся периодически, в зависимости от категории ЯМ, находящегося в данной ЗБМ, и не реже:

- двух календарных месяцев для ЗБМ с ядерным материалом категории 1;
- трех календарных месяцев для ЗБМ с ядерным материалом категории 2;
- шести календарных месяцев для ЗБМ с ядерным материалом категории 3;
- двенадцати календарных месяцев для ЗБМ с ядерным материалом категории 4 [3].

Каждой физической инвентаризации предшествует издание приказа руководителя об ее проведении. В нем находятся сведения обо всех мероприятиях, необходимых для проведения физической инвентаризации. В этом документе определяется состав инвентаризационной комиссии, сроки проведения ФИ, а также сроки предоставления отчета о результатах инвентаризации.

Планирование ФИ включает:

- получение информации об учетных данных ЯМ в ЗБМ для сопоставления с данными из других источников (сопроводительных листов, накладных, паспортов, сертификатов);
- распределение 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;
- временной график и последовательность проведения измерений;
- расчет контрольных пределов значений инвентаризационной разницы [3].

После завершения физической инвентаризации в ЗБМ составляется акт инвентаризационной комиссии по результатам физической инвентаризации ЯМ в ЗБМ, подводится баланс ЯМ в ЗБМ, определяется и анализируется ИР, составляются и утверждаются МБО и СФНК. Акт составляется инвентаризационной комиссией и утверждается руководителем предприятия.

В МБО ЗБМ в виде отдельных записей по каждому ЯМ отражаются:

- начальное зарегистрированное количество ЯМ;
- увеличение (уменьшение) количества ЯМ за отчетный МБП;
- конечное фактически наличное количество ЯМ, установленное по результатам ФИ;
- значение ИР и погрешности ее определения.

Все транзакции материалов одной ЗБМ фиксируются в обязательном порядке и после составления и утверждения рабочей программы. Транзакции внутри ЗБМ происходят с изменением документации в случае необходимости, например, изменения места расположения УЕ и т.п.

## 2 Описание объекта

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

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

Характеристики ЯМ, имеющих на объекте:

- полная загрузка реактора: 192 т;
- характеристики ТВЭЛ: диаметр - 13.5 мм, длина – 3.5м;
- количество ТВЭЛов в одной ТВС: 16 шт.;
- количество ТВС в одном канале: 2шт.;
- делящийся изотоп:  $U^{235}$ ;
- химическая форма топлива:  $UO_2$ ;
- обогащение: 2,4%;
- категория ЯМ: III;
- места хранения: хранилище свежего топлива, хранилище ОЯТ.

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

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

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

- получение ТУК со свежим топливом в ТВС;
- разгрузка ТУК;
- разукомплектация ТУК;
- хранение;
- загрузка свежих ТВС в реактор;
- выгрузка отработанных ТВС из реактора и перемещение в бассейн выдержки;
- очехловывание отработанных ТВС;
- укомплектация в ТУК;
- отправка.

На АЭС топливо прибывает по средству железнодорожного пути, на поездах, в специализированных контейнерах (ТУКах) с предприятия по производству ядерного топлива.

### **2.1.1 Описание процессов обращения ядерных материалов**

На рисунках 2 и 3 стрелками показана схема перемещения ЯМ в производственных помещениях. Свежее топливо прибывает на станцию спецэшелоном, находится в ТВС которые расположены в сертифицированных ТУКах, предназначенных для транспортировки свежего топлива. Далее проводится проверка ТУК и поезда, а также сверка пломб, сопроводительных документов. На первом этапе происходит разгрузка ТУКов с поезда в место их разукомплектации 1, далее поступившие СТВС комплектуются в контейнеры по 20 штук и перемещаются в хранилище для свежего топлива. Следующим этапом является перемещение СТВС посредством РЗМ в реактор, а ОТВС при помощи той же РЗМ изымаются из реактора и помещаются в бассейн выдержки, в

котором хранятся под слоем воды с содержанием бора необходимой для отвода тепла и радиационной защиты. По истечении срока хранения, ОТВС изымаются из бассейна выдержки и укомплектовываются в пеналы, далее производится их отправка в хранилище ОЯТ, находящееся на объекте, откуда позже можно отправить ОЯТ к местам захоронения, поскольку переработка ОЯТ в реакторах типа РБМК не предусмотрена.

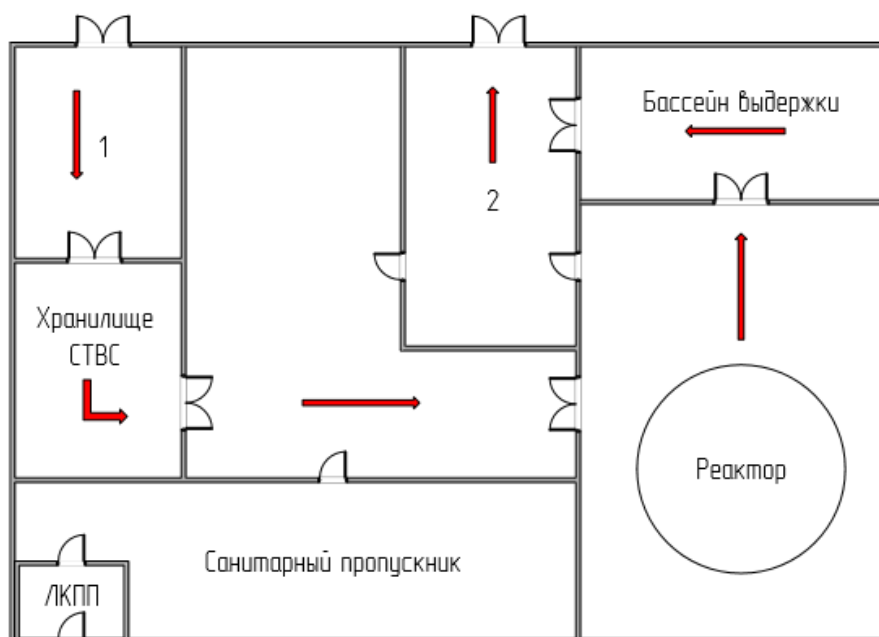


Рисунок 2 – Схема потоков ЯМ в здании с реакторным залом  
(1 – разукomплектовка ТУК, 2 – укомплектовка ОТВС в пеналы)

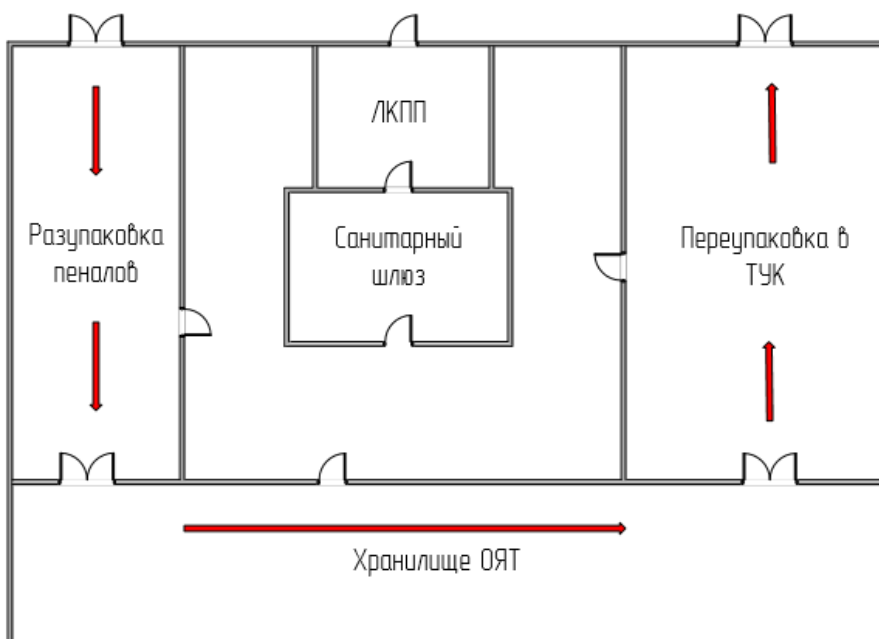


Рисунок 3 – Схема потоков ЯМ в хранилище ОЯТ



### 2.1.2 Анализ уязвимости

Для создания эффективной системы физической защиты необходим анализ уязвимости. По результатам проведения анализа уязвимости разрабатываются проектные решения для улучшения технических систем безопасности. Проведение анализа уязвимости ядерного объекта необходимо для установления последствий несанкционированных действий, мониторинга эффективности охраны и технических систем, обнаружения уязвимых мест и слабых сторон существующей системы физической защиты. Итоговой целью является выбор оптимального варианта построения системы физической защиты для конкретного объекта. Ведомственные нормативные документы определяют порядок и процедуру проведения анализа. Анализ уязвимости объекта включает:

- разработку модели нарушителей;
- выделение и категорирование особо важных зон объекта;
- оценку показателей уязвимости;
- определение слабых мест и недостатков в системе охраны [1].

Исходя из задания, угрозой является диверсия относительно ЯМ. На основании этого делаем вывод, что наиболее уязвимым местом объекта является хранилище ОТВС. При создании системы физической защиты на объекте, одним из этапов является категорирование ПФЗ и ЯО. На данном объекте к ПФЗ относятся ТВС со свежим топливом и ОТВС. Категорирование проводилось в соответствии с ПП №456.

Результаты категорирования ПФЗ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты категорирования ПФЗ

|                   |                        | Категория | ПФЗ | Расположение |
|-------------------|------------------------|-----------|-----|--------------|
| ЯМ в виде<br>ОТВС | ЯМ                     | II        | Б   | ВЗ           |
|                   | ПНСД                   | II        |     |              |
|                   | Степень<br>секретности | Секретно  |     |              |

### 2.1.3 Модель нарушителя

Для того что бы сформировать требования к СФЗ и оценить ее эффективность необходима модель нарушителя. Модель нарушителя включает в себя набор качественных и количественных характеристик. Таким образом сформированы основные типы нарушителей, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Типы нарушителей

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

Параметры модели нарушителя для данного ЯО:

- внешний нарушитель 1 категории в сговоре с внутренним нарушителем 2 категории;
- цель: диверсия в бассейне выдержки ХОЯТ;
- мотивация: личная;
- количество нарушителей: 3;

– уровень осведомлённости о ЯО: высокий – о расположении ПФЗ на территории ЯО, а также общий уровень осведомленности об СФЗ, основанный на ее визуальном изучении;

– тактика действий: комбинированная (обманная, скрытная).

Сценарий действий: сотрудник АЭС, имеющий личные мотивы для совершения диверсии, незаметно совершает поломку в камере видеонаблюдения, находящейся в хранилище ОЯТ, и сообщает руководству о поломке оборудования. Вызывается работник ремонтной бригады для починки. При этом сотрудник АЭС заранее узнает, кто будет на смене ремонтной бригады и подкупает этого человека, для того чтобы, вместе с инструментами для ремонта он пронес взрывное устройство с таймером (пластид 10 кг). Уже на месте работник бригады передает взрывчатку сотруднику АЭС. По правилу «двух лиц» на рабочем месте находится еще один сотрудник АЭС, но первый путем шантажа заставляет его не сообщать руководству о нарушениях. Во время того, как рабочий чинит камеру, первый сотрудник АЭС сбрасывает бомбу в бассейн выдержки. Работник ремонтной бригады, починив камеру, уходит. Внутренние нарушители покидают объект по расписанию смены, после чего происходит взрыв.

## **2.2 Описание методов анализа ЯМ**

Так как учет и контроль ядерных материалов является одной из основополагающих систем в области ядерного нераспространения. Для обеспечения учета и контроля ЯМ на производстве необходимо знать качественные и количественные характеристики материала. Для определения этих характеристик используются методы неразрушающего анализа.

Основным преимуществом неразрушающего анализа является отсутствие необходимости нарушения целостности исследуемого образца [6]. Это является одной из причин применения методов неразрушающего анализа в учете и контроле ядерных материалов.

Неразрушающие методы анализа применяются в случаях, когда:

- нужны быстрые и недорогие контрольные исследования;
- необходим контроль за протеканием технологических процессов;
- невозможно произвести представительную выработку;
- разрушающие исследования невыполнимы или нецелесообразны.

Важным направлением в области неразрушающего анализа является гамма-спектрометрия.

Спектрометрическая система представляет собой ряд связанных электронных элементов, в общем случае представленных на рисунке 4.

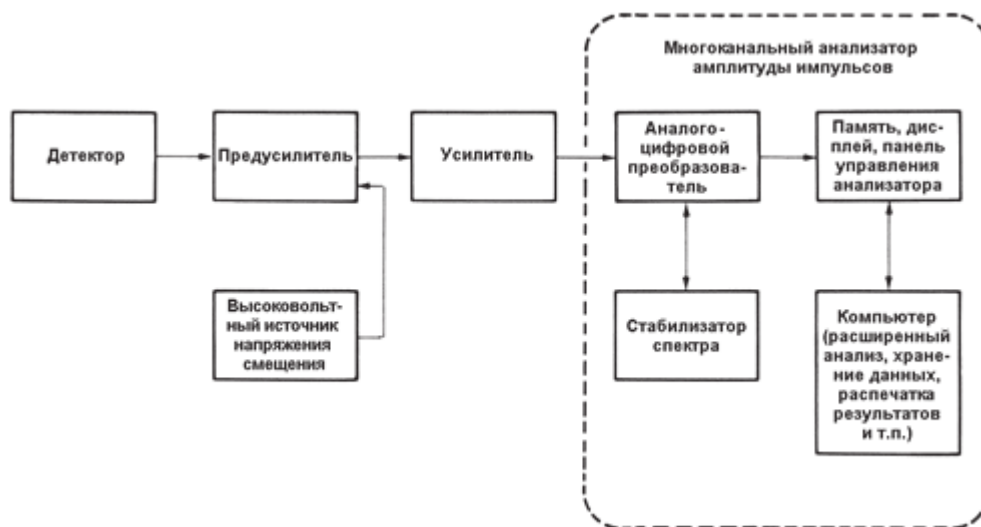


Рисунок 4 – Спектрометрическая система с многоканальным анализатором

Значения энергий гамма-излучения служат для идентификации изотопного состава материалов, а при объединении с измерениями интенсивностей излучения – для измерения массы имеющегося материала. Для регистрации гамма-излучения необходимо его взаимодействие с веществом детектора. Освобожденный заряд в виде первичных и вторичных заряженных частиц собирается на электродах детектора и на выходе детектора формируется сигнал, представляющий собой импульс электрического тока, амплитуда которого прямо пропорциональна энергии гамма-кванта, потерянной в веществе детектора (детектирующей среде).

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

Учет и контроль ЯМ поддерживается мерами, включающими организационные и технические мероприятия, пломбировочные устройства и системы видеонаблюдения, а также их комбинации и обеспечивать непрерывный контроль доступа к ЯМ. Учет и контроль ЯМ должен поддерживаться также физической защитой ЯМ, ядерных установок и пунктов хранения ЯМ, включая контроль доступа персонала в помещения, где находятся ЯМ [8].

### **2.3.1 Категорирование ЯМ**

Категорирование ЯМ на объекте проводится для определения опасности данного материала и исходя из этого организация ФЗ объекта, определение периодов ФИ, меры безопасности по работе с ЯМ. Согласно ПП №456 свежее топливо на данной АЭС относится к 3 категории, ОТВС относятся к 2 категории, так как обогащение топлива для ректора типа РБМК-1000 составляет 2.4%.

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

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные 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.

### **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 редко превышает двух (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна) в большинстве случаев предпочтительным является линейный график. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Перечень работ

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

Продолжение таблицы 6

|                                           |       |                      |
|-------------------------------------------|-------|----------------------|
| Подбор и изучение материалов по тематике  | НР, И | НР – 30%<br>И – 100% |
| Разработка календарного плана             | НР, И | НР – 100%<br>И – 10% |
| Обсуждение литературы                     | НР, И | НР – 30%<br>И – 100% |
| Разработка модели                         | НР, И | НР – 100%<br>И – 70% |
| Определение адекватности модели           | НР, И | НР – 100%<br>И – 80% |
| Изучение результатов                      | И     | И – 100%             |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И     | И – 100%             |
| Оформление графического материала         | И     | И – 100%             |
| Подведение итогов                         | НР, И | НР – 60%<br>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 НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов.

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

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

$$t_{ОЖ} = \frac{t_{\min} + 4t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (2)$$

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

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

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

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

Для выполнения перечисленных в таблице 7 работ требуются специалисты:

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

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



Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях:

$$T_{\text{рд}} = \frac{t_{\text{ож}}}{K_{\text{вн}}} \cdot K_{\text{д}}$$

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

$K_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарные дни ( $T_{\text{кал}} = 365$ );

$T_{\text{вд}}$  – выходные дни ( $T_{\text{вд}} = 52$ );

$T_{\text{пд}}$  – праздничные дни ( $T_{\text{пд}} = 15$ ).

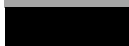
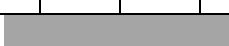
В таблице 5 приведено определение продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3 – 5 реализован экспертный способ по формуле 1, при использовании формулы 2 необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец для  $t_{\text{проб}}$ . Столбцы 6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

Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение  $t_{\text{ож}} \cdot K_{\text{д}}$ . Столбцы 8 и 9 – трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на  $T_{\text{к}} = 1,225$ . Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Величины трудоемкости этапов по исполнителям ТКД, данные столбцов 8 и 9 кроме итогов, позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленного в таблице 8.

Таблица 7 – 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     |
| Постановка задачи                                  | НР          | 1                            | 2         | 1,40     | 1,54                                         | –     | 1,89     | –     |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | НР, И       | 2                            | 3         | 2,40     | 2,64                                         | 0,26  | 3,23     | 0,32  |
| Подбор и изучение материалов по тематике           | НР, И       | 4                            | 5         | 4,40     | 1,45                                         | 4,84  | 1,78     | 5,93  |
| Разработка календарного плана                      | НР, И       | 1                            | 2         | 1,40     | 1,54                                         | 0,15  | 1,89     | 0,19  |
| Подготовка экспериментальной установки             | НР, И       | 1                            | 2         | 1,40     | 0,46                                         | 1,54  | 0,57     | 1,89  |
| Проведение экспериментов                           | НР, И       | 5                            | 6         | 5,40     | 5,94                                         | 4,16  | 7,28     | 5,09  |
| Проведение расчетов                                | НР, И       | 7                            | 8         | 7,40     | 8,14                                         | 6,51  | 9,97     | 7,98  |
| Обработка результатов                              | И           | 3                            | 4         | 3,40     | –                                            | 3,74  | –        | 4,58  |
| Оформление расчетно-пояснительной записки          | И           | 3                            | 4         | 3,40     | –                                            | 3,74  | –        | 4,58  |
| Оформление графического материала                  | И           | 1                            | 2         | 1,40     | –                                            | 1,54  | –        | 1,89  |
| Подведение итогов                                  | НР, И       | 1                            | 2         | 1,40     | 0,92                                         | 1,54  | 1,13     | 1,89  |
| Итого:                                             |             |                              |           | 33,40    | 22,64                                        | 28,03 | 27,73    | 34,33 |

Таблица 8 – Линейный график работы

| Этап | НР   | И    | 4                                                                                 | 8                                                                                 | 12                                                                                | 16                                                                                | 20                                                                                 | 24                                                                                 | 28                                                                                  | 32 | 36                                                                                  | 40                                                                                    | 44                                                                                    | 48                                                                                    |
|------|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | 1,89 | 0,00 |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 2    | 3,23 | 0,32 |  |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 3    | 1,78 | 5,93 |                                                                                   |  |  |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 4    | 1,89 | 0,19 |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 5    | 0,57 | 1,89 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |   |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 6    | 7,28 | 5,09 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |  |  |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 7    | 9,97 | 7,98 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |  |  |    |                                                                                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 8    | 0,00 | 4,58 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |  |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 9    | 0,00 | 4,58 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |  |                                                                                       |                                                                                       |
| 10   | 0,00 | 1,89 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |  |                                                                                       |
| 11   | 1,13 | 1,89 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |                                                                                     |    |                                                                                     |                                                                                       |  |  |

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:

- $TR_{\text{общ}}$  – общая трудоемкость проекта;
- $TR_i$  ( $TR_k$ ) – трудоемкость  $i$ -го ( $k$ -го) этапа проекта,  $i = \overline{1, I}$ ;
- $TR_i^H$  – накопленная трудоемкость  $i$ -го этапа проекта по его завершении;
- $TR_{ij}$  ( $TR_{kj}$ ) – трудоемкость работ, выполняемых  $j$ -м участником на  $i$ -м

этапе, здесь  $j = \overline{1, m}$  – индекс исполнителя, в нашем примере  $m = 2$ .

Степень готовности определяется формулой:

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

Применительно к таблице 4 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. Расчет  $TP_i$  (%) и  $CG_i$  (%) на основе этих данных приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

| Этап                                               | $TP_i$ , % | $CG_i$ , % |
|----------------------------------------------------|------------|------------|
| Постановка задачи                                  | 4,19       | 4,19       |
| Разработка и утверждение технического задания (ТЗ) | 7,19       | 11,38      |
| Подбор и изучение материалов по тематике           | 13,17      | 24,55      |
| Разработка календарного плана                      | 4,19       | 28,74      |
| Подготовка экспериментальной установки             | 4,19       | 32,93      |
| Проведение экспериментов                           | 16,17      | 49,10      |
| Проведение расчетов                                | 22,16      | 71,26      |
| Обработка результатов                              | 10,18      | 81,44      |
| Оформление расчетно-пояснительной записки          | 10,18      | 91,62      |
| Оформление графического материала                  | 4,19       | 95,81      |
| Подведение итогов                                  | 4,19       | 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. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно.

Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приближенно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5 – 20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в границах, представленных в таблице 10.

Таблица 10 – 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        |

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны  $C_{\text{мат}} = 1800 \cdot 1,05 = 1890$  руб.

#### 4.6 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, в его роли выступает исполнитель проекта. 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:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{25,083}$$

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

Расчет затрат на полную заработную плату приведены в таблице 11. 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:

$$K_{\text{и}} = K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{доп.зп}} \cdot K_{\text{р}};$$

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

Таблица 11 – Затраты на заработную плату

| Исполнитель | Оклад<br>руб./мес. | Среднедневная<br>ставка<br>руб./раб.день | Затраты<br>времени,<br>раб.дни | $K_{и}$ | Фон з/п,<br>руб. |
|-------------|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------|---------|------------------|
| НР          | 33664              | 1342,10                                  | 23                             | 1,699   | 52445,41         |
| И           | 15470              | 616,75                                   | 28                             | 1,699   | 30388,01         |
| Итого:      |                    |                                          |                                |         | 82833,41         |

#### 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:

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3;$$

$$C_{\text{соц}} = 82833,41 \cdot 0,3 = 24850,02.$$

#### 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:

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}},$$

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

$C_{\text{э}}$  – тариф на 1 кВт·час;

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

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

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ( $T_{\text{рд}}$ ) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t,$$

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

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

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c,$$

где  $P_{\text{ном}}$  – 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 12.

Таблица 12 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование<br>оборудования | Время<br>работы<br>оборудования<br>$t_{\text{об}}$ , час | Потребляемая<br>мощность<br>$P_{\text{об}}$ , кВт | Затраты<br>$C_{\text{эл.об}}$ , руб. |
|------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Персональный компьютер       | 224                                                      | 0,3                                               | 386,3                                |
| Струйный принтер             | 2                                                        | 0,1                                               | 1,15                                 |
| Итого:                       |                                                          |                                                   | 387,45                               |

#### 4.9 Расчет амортизационных расходов

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

$$C_{\text{ам}} = \frac{H_A \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{об}} \cdot n}{F_d},$$

где  $H_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования;



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

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году;

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

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Например, для ПК в 2019 г., при 298 рабочих днях и 8-ми часовом рабочем дне,  $F_{\text{д}}$  равен:

$$F_{\text{д}} = 298 \cdot 8 = 2384.$$

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

$H_{\text{А}}$  определяется как величина обратная  $C_{\text{А}}$ , в данном случае это:

$$H_{\text{А}} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Зная значения всех коэффициентов, можно рассчитать:

$$C_{\text{АМ}} = \frac{0,4 \cdot 224 \cdot 60000 \cdot 1}{2384} = 2255.$$

#### 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:

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

Прочие расходы в нашем случае:

$$C_{\text{ПРОЧ}} = (1890 + 82833,41 + 24850,02 + 387,45 + 2255) \cdot 0,1 = 11221,59.$$

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

Таблица 13 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья затрат                 | Условное обозначение | Сумма, руб. |
|-------------------------------|----------------------|-------------|
| Материалы и покупные изделия  | $C_{\text{МАТ}}$     | 1890        |
| Основная заработная плата     | $C_{\text{ЗП}}$      | 82833,41    |
| Отчисления в социальные фонды | $C_{\text{СОЦ}}$     | 24850,02    |
| Расходы на электроэнергию     | $C_{\text{ЭЛ.ОБ}}$   | 387,45      |
| Амортизационные отчисления    | $C_{\text{АМ}}$      | 2255        |
| Прочие расходы                | $C_{\text{ПРОЧ}}$    | 11221,59    |
| Итого:                        |                      | 123437,47   |

Таким образом, затраты на разработку составили  $C = 123437,47$  руб.

#### 4.11 Расчет прибыли

Ввиду отсутствия данных, прибыль  $G$  рассчитана как 20 % от полной себестоимости проекта:

$$G = C \cdot 0,2;$$

$$G = 123437,47 \cdot 0,2 = 24687,49.$$

#### 4.12 Расчет НДС

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

$$\text{НДС} = (G + C) \cdot 0,2;$$

$$\text{НДС} = (123437,47 + 24687,49) \cdot 0,2 = 29624,99.$$

#### 4.13 Цена разработки

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР}} = C + G + \text{НДС};$$

$$C_{\text{НИР}} = 123437,47 + 24687,49 + 29624,99 = 177749,95.$$

#### **4.14 Оценка экономической эффективности проекта**

Так как обеспечение безопасности при обращении с ядерными материалами на атомной станции носит технический характер, в данном случае оценка экономической эффективности невозможна.