

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

---

Институт Физико-технический  
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии  
Кафедра Прикладной физики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка нейтронного канала для автоматизированной системы наблюдения за радиационным фоном в атмосферном воздухе</b>

УДК 539.1.074:614.876:551.521

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А2А	Подосинников Артур Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер ОРБ ФТИ	Черепнев М.С.	-		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Черепанова Н.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ПФ	Вагнер А.Р.	к.ф. – м.н.		

Томск – 2016г.

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

---

Институт Физико-технический  
Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии / Радиационная  
безопасность человека и окружающей среды  
Кафедра Прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0A2A	Подосинникову Артуру Вячеславовичу

Тема работы:

<b>Разработка нейтронного канала для автоматизированной системы наблюдения за радиационным фоном в атмосферном воздухе</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Нейтронный канал на базе широкодиапазонного (0,025 эВ – 14 МэВ) детектора нейтронов работающего в счетном режиме.</p> <p>Время установления рабочего режима проектируемого канала детектирования не более 1 мин.</p> <p>Питание: постоянным током не более 1 А, напряжение не более 12 В.</p> <p>Режим работы непрерывной.</p> <p>Нестабильность показаний за 24 часа непрерывной работы не должна превышать 5 %.</p> <p>Рабочая температура эксплуатации находится в диапазоне от -30 до +50 С°.</p>
---	--

	<p>Относительная влажность воздуха до 90 %, без образования конденсата.</p> <p>Атмосферное давление эксплуатации 101,3 (+5,4; -15,3) кПа.</p> <p>Диапазон измерения плотности потока нейтронного излучения с известным энергетическим распределением: <math>0,1 \div 10^4</math> нейтрон <math>\times</math> <math>\text{с}^{-1} \times \text{см}^{-2}</math> (возможно превышение верхнего порога до не менее чем <math>10^5</math> нейтрон <math>\times</math> <math>\text{с}^{-1} \times \text{см}^{-2}</math> при радиационном воздействии длительностью не более 5 минут);</p> <p>- флюенс нейтронного излучения с известным энергетическим распределением в диапазоне: <math>1 \div 3 \times 10^6</math> нейтрон <math>\times</math> <math>\text{см}^{-2}</math> (возможно превышение верхнего порога до не менее чем <math>3 \times 10^7</math> нейтрон <math>\cdot</math> <math>\text{см}^{-2}</math> при радиационном воздействии длительностью не более 5 минут).</p> <p>Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения мощности эквивалента направленной дозы и эквивалента направленной дозы рентгеновского и гамма-излучения не более 20 %.</p> <p>Пределы допустимой дополнительной относительной погрешности измерения мощности дозы не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\pm 10</math> % при изменении температуры окружающего воздуха в рабочем диапазоне температур относительно нормальных условий эксплуатации прибора;</li> <li>• <math>\pm 10</math> % при изменении относительной влажности до 95 % от нормальных условий эксплуатации прибора;</li> <li>• <math>\pm 5</math> % при воздействии синусоидальной вибрации в диапазоне частот: <math>10 \div 55</math> Гц</li> </ul>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка и изготовление рабочего образца нейтронного канала на базе широкодиапазонного (0,025 эВ – 14 МэВ) детектора нейтронов работающего в счетном режиме</li> <li>2. Экспериментальная проверка работы образца, выбор оптимальных режимов работы, расположения, коммутации в рамках его использования в автоматизированной системе наблюдения за радиационным фоном.</li> </ol>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Черепанова Наталья Владимировна
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Инженер ОРБ ФТИ	Черепнев М.С.	–		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А2А	Подосинников Артур Вячеславович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа изложена на 79 страницах, включая 10 рисунков, 24 таблицы.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, нейтронное излучение, гамма-излучение, радон, приземный слой атмосферы.

Объектом исследования является нейтронное излучение в диапазоне энергий 0,025 эВ – 14 МэВ на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС.

В работе представлены результаты исследований, выполненных в рамках выпускной квалификационной работы.

Цель работы – разработка нейтронного канала для исследования динамики нейтронной компоненты на основе детектора нейтронов, работающего в диапазоне энергий 0,025 эВ – 14 МэВ.

Работа выполнена с использованием дозиметров-радиометров: МКС-1117М и внешних интеллектуальных блоков детектирования: БДПА-01, БДПБ-01, БДКН-03, БДКГ-03.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word.

## Оглавление

<b>Введение</b> .....	7
<b>1. Аналитический обзор литературы</b> .....	9
1.1. Принцип регистрации нейтронов .....	9
1.2. Взаимодействие нейтронов с веществом.....	12
1.3. Краткая характеристика реакций под действием нейтронов.....	14
1.4. Источники нейтронов.....	15
<b>2.Техническая база экспериментальной части</b> .....	16
2.1. Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М.....	16
2.2. Полиэтиленовые призмы.....	17
<b>3. Экспериментальные измерения</b> .....	18
3.1. Лабораторный эксперимент.....	18
3.2. Эксперимент на площадке ИМКЭС.....	39
<b>4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b> .....	44
<b>5. Социальная ответственность</b> .....	61
<b>Заключение</b> .....	77
<b>Список литературы</b> .....	78

## **Введение**

Нейтронное излучение – это ядерное излучение, представляющее собой поток нейтронов. Нейтронное излучение возникает при ядерных превращениях в веществе, когда ядру сообщена энергия, превышающая так называемую энергию связи нейтрона в ядре, то есть когда сила внешнего воздействия на ядро превышает ядерные силы притяжения, связывающие нейтрон с другими нуклонами

Распространение получили источники нейтронов, они имеют широкий спектр применения. Источники нейтронного излучения используют в нейтронно-активационном анализе, для анализа в полевых и стационарных условиях, а также для поточного анализа состава и расхода различных насыпных материалов. С помощью источников исследуют породу. Применяют для измерения влажности. Взаимодействуя со средой, быстрые нейтроны в результате соударений с атомами среды замедляются, и в окружающей среде появляются тепловые нейтроны, плотность потока которых зависит от замедляющей способности вещества. Наибольшей замедляющей способностью обладает водород, поэтому, измеряя скорость счета тепловых нейтронов, можно судить о количестве воды.

Источники нейтронов имеют сравнительно небольшой удельный поток нейтронов, портативны, недороги, что позволяет использовать их в лабораторных условиях.

Высокие потоки нейтронов в защитах ядерно-технических установок могут создавать высокую плотность источников вторичного гамма-излучения. Поэтому в ряде случаев радиационная обстановка за защитой ядерно-технических установок целиком определяется вторичным гамма-излучением.

Актуальностью моей работы является установка системы детектирования нейтронного излучения на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС для выявления влияний на вариации нейтронной компоненты и других

компонент ионизирующего излучения (альфа-, бета- и гамма-) радиационного фона приземной атмосферы.

Цель работы: разработка нейтронного канала для исследования динамики нейтронной компоненты на основе детектора нейтронов, работающего в диапазоне энергий 0,025 эВ – 14 МэВ.

Основные задачи ВКР:

1) Расчет, калибровка, установка системы детектирования нейтронного излучения на экспериментальной площадке ТПУ-ИМКЭС (Академгородок);

2) Формирование базы данных по радиационным характеристикам нейтронной компоненты;

3) Анализ временной динамики нейтронной компоненты ионизирующего излучения;

4) Сопоставление вариаций нейтронной и других компонент (альфа-, бета- и гамма-) радиационного фона приземной атмосферы.



## 1. Аналитический обзор литературы

### 1.1 Принцип регистрации нейтронов

Нейтроны непосредственно не создают в детекторе ионных пар. Однако, взаимодействуя с веществом детектора, они вызывают разнообразные ядерные реакции с образованием заряженных частиц и  $\gamma$ -квантов. Это вторичное излучение можно зарегистрировать обычными детекторами, такими, как ионизационная камера, сцинтилляционный счетчик и др. Следовательно, детектор нейтронов представляет собой обычный детектор заряженного или  $\gamma$ -излучения, в который помещено вещество, интенсивно взаимодействующее с нейтронами. К главным критериям, по которым выбирается вещество для детектора нейтронов, относятся: тип реакции, сечение реакции и энергия вторичного излучения. Для детекторов нейтронов пригодны вещества с высоким сечением реакции. Разнообразие ядерных реакций, вызываемых нейтронами, и различная зависимость сечений реакций от энергии нейтронов обусловили появление большого количества детекторов нейтронов. Как правило, ядерная реакция на нейтронах, характеризующаяся высоким сечением для медленных нейтронов, имеет малое сечение для быстрых нейтронов, и наоборот. Так, сечение  $(n,\alpha)$ -реакции на  $^{10}\text{B}$  при энергии  $E_0 = 0,025$  эВ равно 4010 барн, а в области быстрых нейтронов оно уменьшается до 0,2 барн. Сечение пороговой  $(n,2n)$ -реакции отлично от нуля только при энергиях нейтронов, превышающих пороговую. Поэтому потребовалось разработать детекторы для регистрации нейтронов в определенных областях энергий. В них используют такие вещества, которые избирательно реагируют с нейтронами именно в этих областях энергии нейтронов.

Каждый из типов взаимодействия нейтронов с веществом, может служить основой метода регистрации нейтронов. Выбор того или иного типа взаимодействия определяется значением сечения  $(n,\alpha)$ -реакции и свойствами частицы  $\alpha$ . В детекторах нейтронов используют вещества, на ядрах которых

идут реакции с испусканием заряженных частиц (протон,  $\alpha$ -частица и др.) радиационный захват нейтронов и активация вещества.

В зависимости от энергии нейтронов для их регистрации используются разные методы. Так, регистрация нейтронов с энергиями  $E_n > 10$  МэВ осуществляется с использованием их взаимодействий с ядрами углерода (в углеродсодержащих соединениях). Регистрация нейтронов с энергиями от  $0,1 < E_n < 10$  МэВ происходит путем их рассеяния в водородосодержащих средах с последующей регистрацией протонов отдачи. Регистрация нейтронов с  $E_n < 0,1$  МэВ производится или путем их замедления до  $E_n = 0,5$  кэВ с последующей регистрацией продуктов реакции  $n+p \rightarrow d+\gamma$  или путем их более сильного замедления до тепловых энергий.

Действие нейтронных детекторов основано на регистрации вторичных частиц, образующихся в результате взаимодействия нейтронов с атомными ядрами. Для регистрации медленных используются ядерные реакции расщепления лёгких ядер под действием нейтронов [ $^{10}\text{B}(n,\alpha) ^7\text{Li}$ ,  $^6\text{Li}(n,\alpha) ^3\text{H}$  и  $^3\text{He}(n,p) ^1\text{H}$ ] с регистрацией  $\alpha$ -частиц и протонов; деления тяжёлых ядер с регистрацией осколков деления; радиационный захват нейтронов ядрами  $(n,\gamma)$  с регистрацией  $\gamma$ -квантов, а также возбуждения искусственной радиоактивности. Для регистрации  $\alpha$ -частиц, протонов и осколков деления применяются ионизационные камеры и пропорциональные счётчики, которые заполняют газообразным  $\text{BF}_3$  и др. газами, содержащими В или  $^3\text{H}$ , либо покрывают их стенки тонким слоем твёрдых В, Li или делящихся веществ. Конструкция и размеры таких камер и счётчиков разнообразны. Пропорциональные счётчики могут достигать 50 мм в диаметре и 2 м длины. Наибольшей эффективностью к тепловым нейтронам обладают нейтронные детекторы, содержащие  $^{10}\text{B}$  или  $^3\text{He}$ . Для регистрации медленных нейтронов используются также сцинтилляционные счётчики (на кристаллах LiI с примесью Eu, на

сцинтиллирующих литиевых стеклах, либо смеси борсодержащих веществ и сцинтиллятора ZnS).

Эффективность регистрации быстрых нейтронов перечисленными детекторами в сотни раз меньше, поэтому быстрые нейтроны предварительно замедляют в парафиновом блоке, окружающем нейтронный детектор. Специально подобранные форма и размеры блоков позволяют получить практически постоянную эффективность регистрации нейтронов в диапазоне энергии от нескольких кэВ до 20 МэВ (всеволновой счётчик). При непосредственном детектировании нейтронов с энергиями  $\sim 100$  кэВ обычно используется упругое рассеяние нейтронов в водороде или гелии или регистрируются ядра отдачи. Так как энергия последних зависит от энергии нейтронов, то такие нейтронные детекторы позволяют измерять энергетический спектр нейтронов. Сцинтилляционные нейтронные детекторы также могут регистрировать быстрые нейтроны по протонам отдачи в органических и водородсодержащих жидких сцинтилляторах. Некоторые тяжёлые ядра, например  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ , делятся только под действием быстрых нейтронов. Это позволяет создавать пороговые детекторы, служащие для регистрации быстрых нейтронов на фоне тепловых.

Для регистрации продуктов ядерных реакций нейтронов с ядрами В и Li, протонов отдачи и осколков деления используются также ядерные фотографические эмульсии. Этот метод особенно удобен в дозиметрии, так как позволяет определить суммарное число нейтронов за время облучения. При делении ядер энергия осколков столь велика, что они производят заметные механические разрушения. На этом основан один из способов их обнаружения: осколки деления замедляются в стекле, которое затем травится плавиковой кислотой; в результате следы осколков можно наблюдать под микроскопом.

## 1.2 Взаимодействие нейтронов с веществом

Нейтроны, не имеющие электрического заряда, при движении в веществе не взаимодействуют с электронными оболочками атомов. Нейтроны, проходя через вещество, непосредственно не ионизируют атомы и молекулы, как заряженные частицы. Поэтому нейтроны обнаруживают по вторичным эффектам, возникающим при взаимодействии их с ядрами. При столкновениях с атомными ядрами они могут выбивать из них заряженные частицы, которые ионизируют и возбуждают атомы среды. В результате соударения нейтронов с ядрами вещества природа последних не изменяется, а сами нейтроны рассеиваются на атомных ядрах. При этом следует рассматривать упругое и неупругое рассеяния. При втором виде взаимодействия изменяется природа соударяющихся частиц. Происходят ядерные реакции типа  $(n, \alpha)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, \gamma)$ ,  $(n, 2n)$  и т.д., и наблюдается деление тяжелых ядер.

Для нейтронов отсутствует кулоновский барьер, поэтому реакции под действием этих частиц представляют наиболее обширный круг ядерных реакций. Результат ядерного взаимодействия нейтрона с ядром существенным образом зависит от его энергии. Используют следующую классификацию нейтронов по энергиям:

1. *Тепловые нейтроны*, кинетическая энергия тепловых нейтронов определяется температурой вещества, с которым нейтроны взаимодействуют, т.е.  $T_n \sim kT^0$ . При комнатной температуре  $T^0 \approx 300 \text{ K}$

$T_n \approx 0,025 \text{ эВ}$ , т.е. очень маленькая величина. Длина волны де Бройля тепловых нейтронов  $\lambda > 10^{-8} \text{ см}$ .

2. *Медленные нейтроны* – это нейтроны с кинетической энергией  $T_n \sim \text{десятки кэВ}$ ;  $\lambda > 10^{-8} \text{ см}$ .

3. *Нейтроны промежуточных энергий*;  $100 \text{ кэВ} \leq T_n \leq 1 \text{ МэВ}$ .

4. *Быстрые нейтроны*,  $T_n \geq 1 \text{ МэВ}$ .

Под действием нейтронов идут следующие ядерные реакции:

1) *Упругое рассеяние.* В этой реакции внутреннее состояние ядра не изменяется, происходит изменение только кинетических энергий ядра и нейтрона. Реакция протекает при всех энергиях нейтронов. Упругое рассеяние тепловых нейтронов имеет хаотический характер и сопровождается обменом кинетической энергией теплового движения  $\sim kT^0$  между нейтроном и ядром;

2) *Неупругое рассеяние.* При неупругом рассеянии происходит изменение внутреннего состояния ядра – оно образуется в возбужденном состоянии. Реакция является пороговой и идет на быстрых нейтронах;

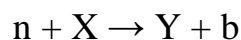
3) *Реакция радиационного захвата.* В этой реакции нейтрон захватывается ядром, а образовавшееся возбужденное составное ядро испускает жёсткое электромагнитное излучение. С наибольшей вероятностью реакция идёт на тепловых и медленных нейтронах;

4) *Реакции с образованием заряженных частиц и множественного числа частиц.* Такие реакции за редким исключением идут на быстрых нейтронах;

5) *Реакция деления тяжелых ядер.* В этой реакции происходит поглощение нейтрона ядром, после чего образовавшееся составное ядро делится на два ядра из середины таблицы Менделеева. Энергии нейтронов, при которых протекает реакция деления, зависят от типа делящегося изотопа. Например,  $U^{235}$  с наибольшей вероятностью делится под действием тепловых нейтронов, а деление  $U^{238}$  возможно только на быстрых нейтронах.

### 1.3 Краткая характеристика реакций под действием нейтронов

Введем обозначения для ядерной реакции под действием нейтронов:



или более компактно:  $X(n,b)Y$  или  $(n,b)$ . Такая запись означает, что нейтрон взаимодействует с ядром  $X$ , в результате чего образуются ядро  $Y$  и частица  $b$  ( $b$  может быть сложным ядром).

Систему из нейтрона и ядра  $X$  в определенных квантовых состояниях называют входным каналом, а каждую из возможных пар, состоящую из конечного ядра и испускаемой частицы в определенном квантовом состоянии, - выходным каналом или просто каналом реакции.

Важной характеристикой реакции является тепловой эффект, или энергия реакции  $Q$ , которая равна разности масс частиц (в энергетических единицах) во входном и выходном каналах.  $Q$  связана с кинетической энергией начальных и конечных частиц:

$$Q = E_b + E_y - E_n, \quad (1.1)$$

где  $E_b$  и  $E_y$  – кинетические энергии продуктов реакции;  $E_n$  – кинетическая энергия нейтрона (ядро  $X$  в рассматриваемой области энергии можно считать покоящимся).

Реакция, где  $Q > 0$ , называется экзоэнергетической, т.е. кинетическая энергия в выходном канале больше, чем во входном; экзоэнергетическая реакция происходит при любой кинетической энергии нейтрона.

Реакция, где  $Q < 0$ , называется эндоэнергетической. Она не может происходить до тех пор, пока энергия входного канала (в нашем случае равная  $E_n$ ) не превзойдет определенной величины – пороговой энергии  $E_{\text{пор}}$ :

$$E_{\text{пор.ц}} = |Q| - \text{в системе центра масс;}$$

$$E_{\text{пор.л}} = |Q| (M+1)/M - \text{в лабораторной системе,}$$

где  $M$  – масса ядра  $X$  в нейтронных массах.

При пороговом значении кинетической энергии нейтрона кинетическая энергия продуктов реакции равна нулю. При возбуждении конечного ядра получаем соотношение:

$$E_b + E_y = E_n + Q - E^*, \quad (1.2)$$

где  $E^*$  - энергия возбуждения. Иногда  $Q - E^*$  обозначают как  $Q_i$  ( $i$  – номер уровня).

Ядерные реакции протекают в соответствии с законами сохранения энергии, импульса, орбитального момента, четности, электрического заряда, числа нуклонов (барионного заряда) и изотопического спина (последний выполняется не очень строго). Законы сохранения определяют правила отбора. С их помощью выводят кинетические соотношения, связывающие энергию и импульс конечных частиц с энергией и импульсом начальных частиц.

#### **1.4 Источники нейтронов**

Согласно современным представлениям, практически все нейтроны в атмосфере Земли возникают в результате взаимодействия первичного космического излучения с ядрами атомов воздуха. Вероятность попадания нейтронов в свободном состоянии из отдаленных областей космического пространства (за исключением нейтронов от солнечных вспышек) очень мала именно вследствие того, что нейтрон является нестабильной частицей. Под действием космического излучения в атмосфере образуются нейтроны в широком спектре энергий.

Вблизи поверхности Земли действуют, как минимум, два источника нейтронов. Земная кора является источником нейтронов и как пассивная мишень, и как активный источник.

Поверхность Земли непрерывно бомбардируется энергичными частицами, возникающими в атмосфере как результат прохождения сквозь земную атмосферу галактических и солнечных космических лучей. При

взаимодействии этих энергичных частиц с ядрами элементов, составляющих земную кору, генерируются нейтроны различных энергий. Можно говорить, что источником этих нейтронов является земная кора. Но ее роль в данном случае – это роль мишени. С другой стороны, в земной коре присутствуют естественные радиоактивные газы: радон и его изотопы - торон и актинон. В цепочке распада этих радиоактивных элементов в значительном количестве присутствуют изотопы, которые при распаде дают альфа - частицы. Энергия альфа - частиц составляет от 5 МэВ до 9 МэВ. Ядерные взаимодействия таких альфа - частиц с кислородом и азотом воздуха, а также с ядрами элементов, составляющих земную кору, приводят к генерации нейтронов. Средняя энергия нейтронов в таких реакциях порядка 1 МэВ. Этот механизм генерации нейтронов характеризует земную кору как активный источник.

## **2. Техническая база экспериментальной части**

### **2.1. Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М**

В работе используется носимый комбинированный многофункциональный дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М который предназначен для измерения амбиентного эквивалента дозы и мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского, гамма- и нейтронного излучения, поверхностной активности и плотности потока альфа- и бета-частиц с загрязненных поверхностей, а также плотности потока нейтронов.

В зависимости от выполняемых задач, прибор комплектуется выносными блоками детектирования различного назначения. В качестве элемента управления и индикации может использоваться блок обработки информации (БОИ/БОИ2), КПК или персональный компьютер.





Рисунок 1 – Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М с блоком обработки информации и внешними блоками детектирования.

Дозиметр-радиометр МКС-АТ1117М представляет собой многофункциональное носимое средство измерения с цифровой индикацией показаний, включающее в себя блок обработки и индикации информации (БОИ или БОИ2) со встроенным газоразрядным счетчиком и внешние интеллектуальные блоки детектирования различного назначения: БДПА-01, БДПБ-01, БДКН-03, БДКГ-03.

## **2.2. Полиэтиленовые призмы**

В качестве защитного материала используются блоки из чистого и борированного полиэтилена. Используется полиэтилен высокой чистоты, поверхность блоков из полиэтилена гидрофобна, в случае загрязнения ее можно очистить.

Полиэтилен обладает высоким содержанием водорода, который принимает участие в процессе защиты (остановки быстрых ионов). Водородная концентрация в полиэтилене – имеет почти такую же концентрацию как в воде,

поэтому свойства защитных пластин полиэтилена – почти такое же как свойства воды.

Пластины, содержащие бор помимо свойств чистого полиэтилена, позволяют обеспечить дополнительную защиту от тепловых нейтронов и гамма-излучения. Но в случае особых мер безопасности, защитные пластины необходимо комбинировать, чтобы замедлить быстрые нейтроны.

### 3. Экспериментальные измерения

#### 3.1. Лабораторный эксперимент

##### 1) Эксперимент с источником $Pu^{239}$

В качестве объекта защиты использовался источник быстрых нейтронов ИБН-10, имеющий измеренное значение потока быстрых нейтронов от источника в телесный угол  $4\pi$  –  $1,01 \cdot 10^7$  нейтр./с и среднюю энергию нейтронов 4,5 МэВ.

Таблица 1 – Характеристики источника быстрых нейтронов ИБН-10

Тип источника	ИБН-10
Диаметр источника, мм	35
Высота источника, мм	45
Диаметр активной части, мм	27
Высота активной части, мм	27
Максимальная активность $Pu-239$ , Бк	$2,5 \cdot 10^{11}$
Максимальная активность $Pu-239$ , Ки	6,8
Поток быстрых нейтронов в телесный угол $4\pi$ , нейтр./ $(\text{см}^2 \cdot \text{с})$	$1,01 \cdot 10^7$

Была измерена плотность потока нейтронов на расстоянии 1 м. Затем, было произведено сравнение полученных значений с нормами радиационной

безопасности (НРБ-99/2009), в результате выявлена необходимость применения конструкционных материалов для уменьшения плотности потока нейтронов.

Был произведен теоретический расчет плотности потока нейтронов. Для этого были рассмотрены несколько методов расчета защиты.

Метод длин релаксации основан на экспоненциальном законе ослабления:

$$\Phi_x = \frac{I}{4\pi x^2} \exp\left(-\frac{x}{\lambda}\right) \quad (3.1)$$

где  $\Phi_x$  – плотность потока нейтронов на границе защиты, нейтр./(см<sup>2</sup>\*с);

$I$  – скорость генерации нейтронов источником, нейтр./с;

$\lambda$  – длина релаксации, см<sup>-1</sup>.

Защита от нейтронов может быть построена из различных материалов.

Для выбора оптимальной защиты были рассчитаны следующие конструкционные материалы: защита из полиэтилена, защита из бетона, защита из свинца, защита из графита. Помимо ослабляющих свойств среды сравнивались геометрические параметры и стоимость конструирования защиты.

Результаты расчета приведены в сравнительной таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики защиты от нейтронного излучения источника ИБН-10

Материал защиты	Длина релаксации быстрых нейтронов, см <sup>-1</sup>	Толщина защиты для ослабления плотности потока нейтронов до ДПП, см	Геометрические размеры, см <sup>3</sup>
Полиэтилен	5,43	25,097	55×55×55
Свинец	14,90	48,956	105×105×105
Бетон	12,00	42,704	90×90×90
Графит	8,84	34,977	75×75×75

Экономические характеристики конструкционных материалов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономические показатели защиты

Материал защиты	Масса материала защиты ослабляющих излучений до ДПП, кг	Оценочная стоимость защиты, руб.
Полиэтилен	154	7700
Свинец	13129	984675
Бетон	1604	14400
Графит	907	63500

Из таблицы 2 видно, что наименьшими геометрическими размерами защиты будет обладать полиэтилен. При этом из таблицы 3 видно, что его масса и стоимость так же являются минимальными.

Провели практические измерения плотности потоков нейтронов на различных расстояниях от 8 до 54 см в защите из полиэтилена с помощью дозиметра-радиометра МКС-АТ1117М, характеристики которого приведены в разделе 2, результаты измерения приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Измеренные значения плотности потока нейтронов обычного полиэтилена при различной толщине защитного барьера.

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, с <sup>-1</sup> см <sup>-2</sup>
8	6000,00
10	1990,00
12	1780,00
14	1590,00
16	1466,67
18	443,67
20	389,00
22	353,00
24	325,67
30	105,68
32	33,43
34	30,87
38	30,97
40	10,03
42	9,34
44	9,40
46	8,40
48	1,92
50	1,77
52	1,89
54	1,87

Таблица 5 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена с содержанием бора 3% при различной толщине защитного барьера.

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
8	4486,67
10	666,33
16	481,00
30	80,33
32	45,02
34	21,63
36	23,30
38	20,33
40	5,78
42	5,12

Был произведен расчет с использованием метода экспоненциальной призмы.

Эксперимент подразумевает под собой то, что внутрь призмы помещается источник нейтронного излучения. Изменяя размеры толщины полиэтилена на 2см, производятся измерения плотности потока в экспериментальном канале призмы.

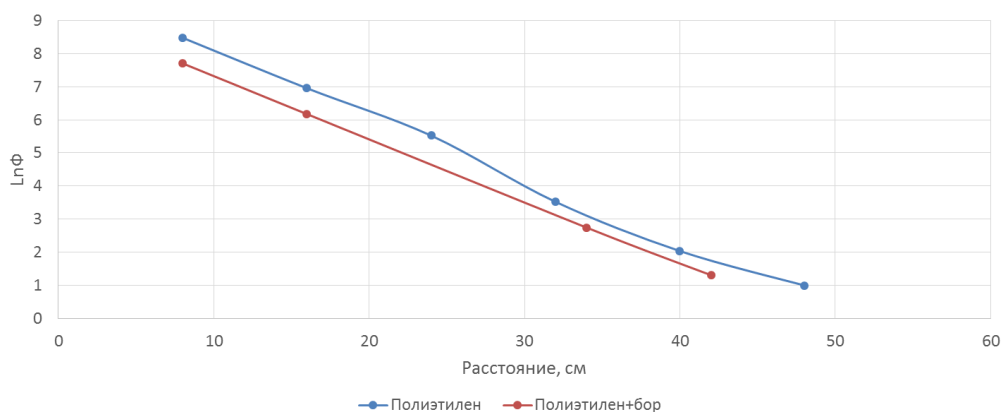


Рисунок 2 – Зависимости величины плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера из полиэтилена и полиэтилена с содержанием бора 3%.

В результате измерения плотности потока нейтронов было произведено логарифмирование и построен график, значения которого входят в доверительный интервал (рисунок 2).

В результате данного эксперимента определили, что защитный барьер из полиэтилена оказал лучшую защиту от потока нейтронов, чем защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора.

Высокие потоки нейтронов в защитах ядерно-технических установок могут создавать высокую плотность источников вторичного гамма-излучения. Поэтому в ряде случаев радиационная обстановка за защитой целиком определяется вторичным гамма-излучением.

Были проведены измерения вторичного гамма излучения за защитным барьером.

Таблица 6 – Значение эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения при различной толщине защитного барьера из полиэтилена.

Толщина барьера, см	Значение дозы, мкЗв/ч
8	217,67
10	187,67
12	105,67
14	127,00
16	160,67
18	85,00
20	70,00
22	59,00
24	50,00
30	30,67
32	26,53
34	21,73
36	19,93
38	17,97
40	16,77
42	13,80
44	12,40
46	11,13
48	10,00
50	9,27
52	8,23
54	7,60



Были произведены измерения эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения за защитным барьером из полиэтилена с содержанием бора.

Таблица 7 – Значение эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения при различной толщине защитного барьера из борированного полиэтилена.

Толщина барьера, см	Значение дозы, мкЗв/ч
8	98,00
10	86,00
12	72,00
14	61,00
30	22,53
32	19,20
34	16,73
36	14,50
38	12,60
40	10,97
42	9,73
44	8,60

Был построен график зависимости величины вторичного гамма-излучения от толщины защитного барьера (рисунок 3).

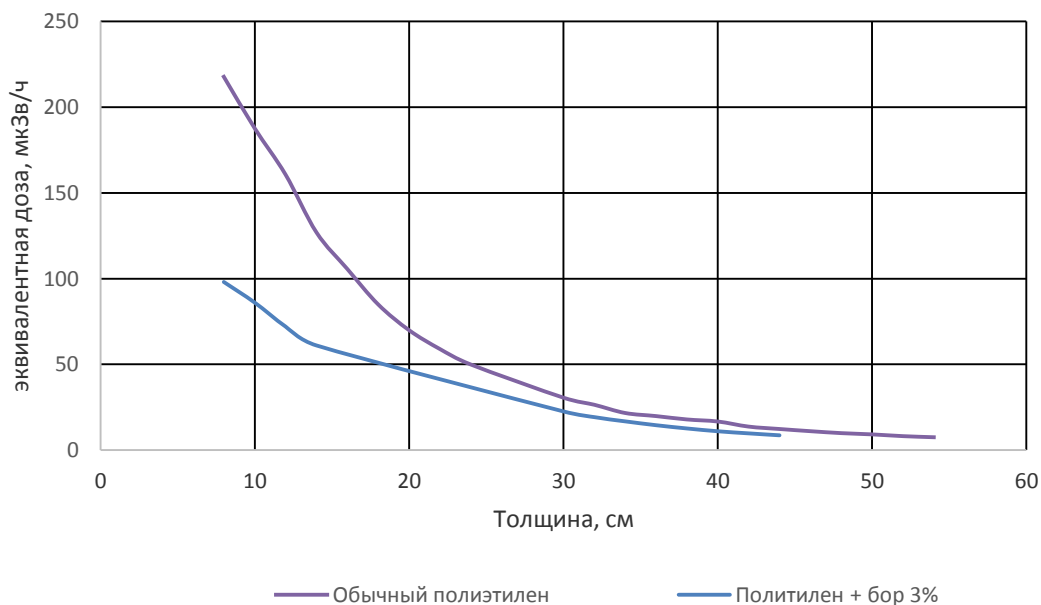


Рисунок 3 – График зависимости вторичного гамма излучения от толщины защитного барьера из полиэтилена и полиэтилена с содержанием бора 3%.

На рисунке 3 видно, что значения эквивалентной дозы снижаются по экспоненте от расстояния, при этом видно, что значения дозы за борированным полиэтиленом меньше, чем за обычным полиэтиленом.

Исходя из графика, видим, что защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора оказал лучшую защиту от вторичного гамма излучения, чем защитный барьер из полиэтилена.

Также, были проведены измерения плотности потока нейтронов с кадмиевым фильтром толщиной 1,5 мм.

Таблица 8 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена при различной толщине защитного барьера (с кадмиевым фильтром).

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
8	0,111
16	0,067
18	0,003
20	0,023
24	0,015
26	0,013
28	0,012
30	0,011
32	0,01
34	0,009
36	0,008
38	0,008
40	0,007
48	0,006

Таблица 9 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена с содержанием бора 3% при различной толщине защитного барьера (с кадмиевым фильтром).

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
8	0,092
10	0,078
16	0,036
30	0,01
32	0,009
34	0,006
36	0,004
38	0,004
40	0,003
42	0,002

Был построен график зависимости величины плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера (рисунок 4) (с кадмиевым фильтром).

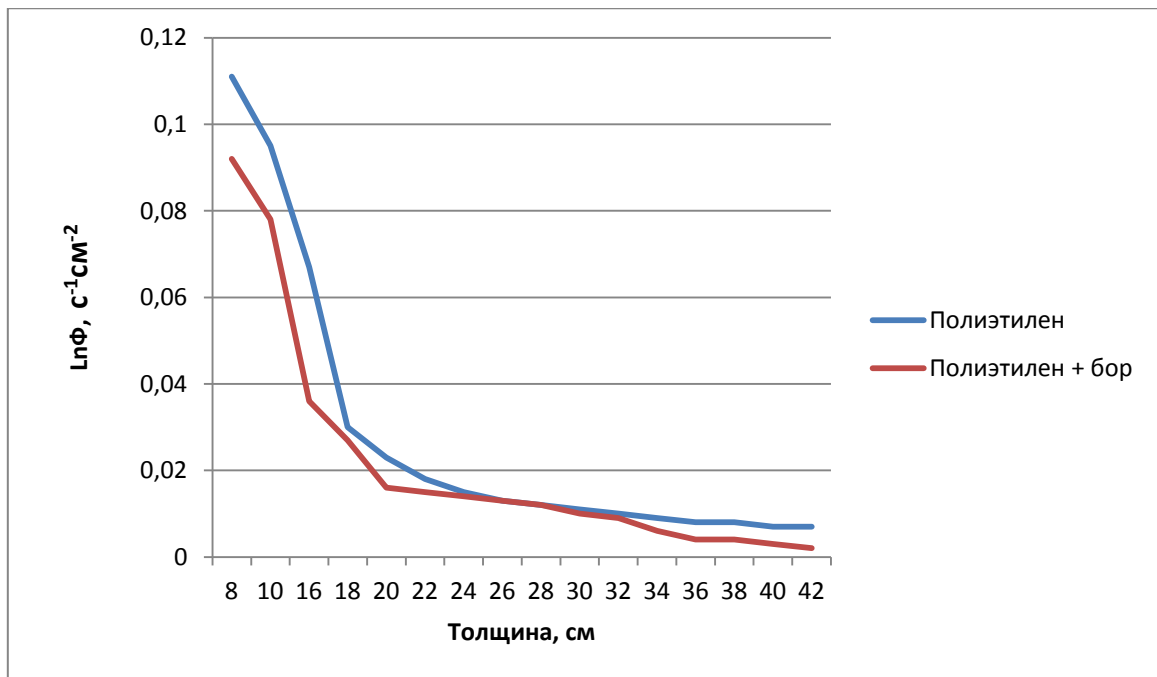


Рисунок 4 - Зависимости величины плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера из полиэтилена обычного и полиэтилена с содержанием бора 3%.

Исходя из графика, видим, что защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора оказал лучшую защиту от нейтронов, чем защитный барьер из полиэтилена (с кадмиевым фильтром).

2) Эксперимент с источником быстрых нейтронов (поток быстрых нейтронов от источника в телесный угол  $4\pi$ , менее  $1,01 \cdot 10^4$  нейтр./с) на основе  $\text{Am}^{241}\text{-Li}^7$  имеющего измеренное значение средней энергии нейтронов 2,5 МэВ.

Таблица 10 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена при различной толщине защитного барьера.

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
8	1336,9
16	671,27
18	399,96
20	374,2
22	351,27
24	330,41
26	209,71
28	194,01
30	177,1
32	172,7
34	112,56
36	105,35
38	98,38
40	93,8
48	57,96

Таблица 11 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена с содержанием бора при различной толщине защитного барьера.

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
2	1833,03
4	1628,36
6	1535,16
8	1463,5
10	853,38
12	764,9
14	698,37
16	637,7
18	353,42
20	324,87
22	280,92
24	157,43
26	148,64
28	93,42
30	85,58
32	80,14
34	49,51
36	46,99
38	43,87
40	31,75
42	30,54
44	29,15

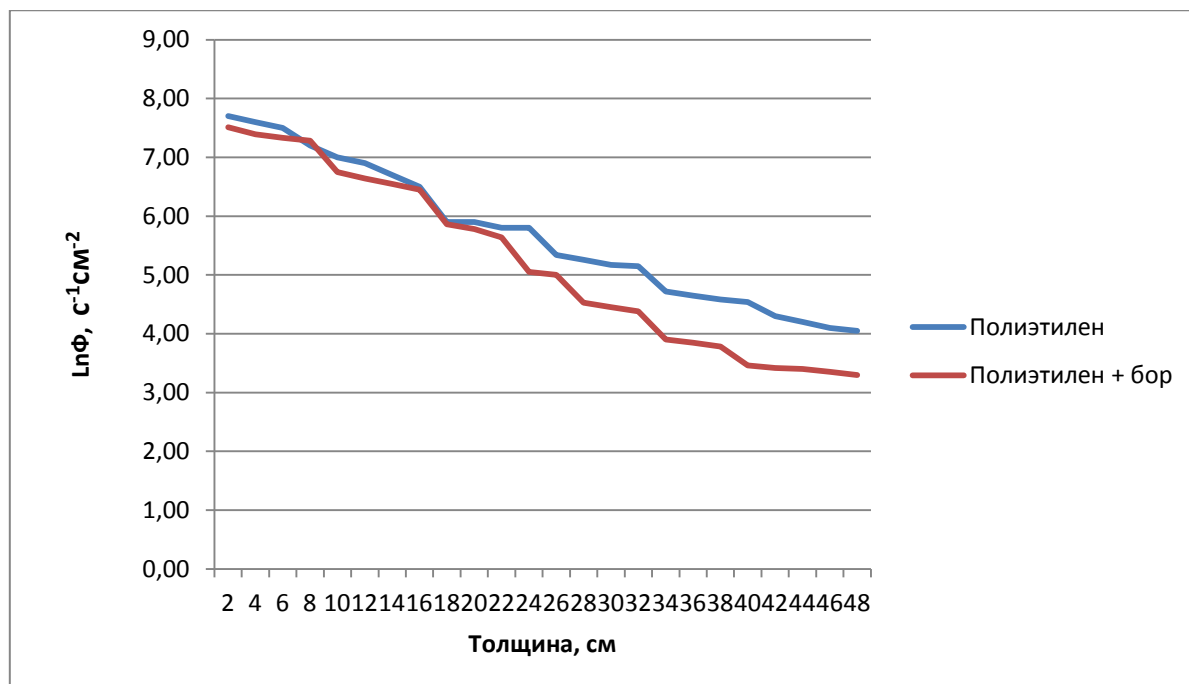


Рисунок 5 – Зависимости величины плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера из полиэтилена и полиэтилена с содержанием бора 3%.

В результате данного эксперимента видно, что защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора 3% оказал лучшую защиту от нейтронов, чем защитный барьер из полиэтилена.

Были проведены измерения вторичного гамма излучения за защитным барьером.



Таблица 12 – Значение эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения при различной толщине защитного барьера из полиэтилена.

Толщина барьера, см	Значение дозы, мкЗв/ч
8	194,73
10	161,76
12	81,85
14	74,19
16	59,4
18	48,71
20	34,6
22	25,3
24	23,8
30	20,53
32	17,9
34	15,71
36	12,3
38	11,2
40	9,4
42	8,33
44	7,2
46	6,42
48	4,8
50	4,1
52	3,23
54	1,56

Были произведены измерения эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения за защитным барьером из полиэтилена с содержанием бора 3%.

Таблица 13 – Значение эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения при различной толщине защитного барьера из полиэтилена с содержанием бора.

Толщина барьера, см	Значение дозы, мкЗв/ч
8	87,0
10	75,0
12	63,0
14	54,0
16	41,4
24	26,3
32	12,1
34	10,6
36	7,9
38	6,2
40	3,8
42	3,2
44	2,1

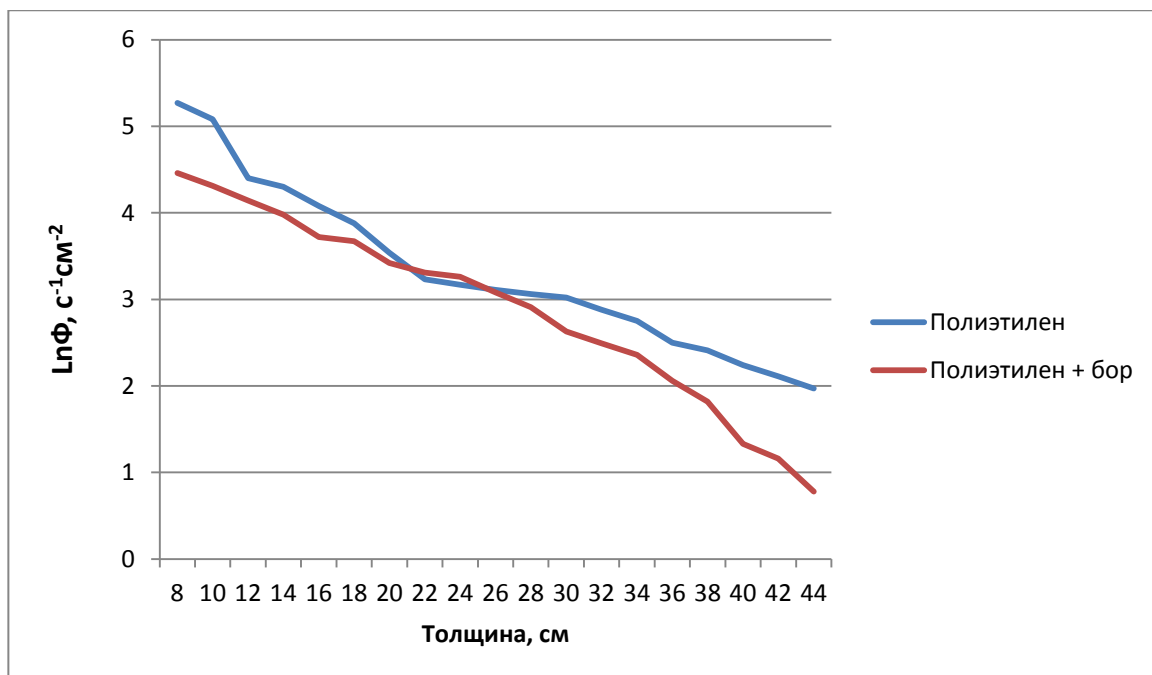


Рисунок 6 – График зависимости вторичного гамма излучения от толщины защитного барьера из полиэтилена и полиэтилена с содержанием бора 3%.

Исходя из графика, видим, что защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора оказал лучшую защиту от вторичного гамма излучения, чем защитный барьер из полиэтилена.

Также, были проведены измерения плотности потока нейтронов с кадмиевым фильтром толщиной 1,5 мм.

Таблица 14 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена при различной толщине защитного барьера (с кадмиевым фильтром).

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
0	0,248
8	0,064
16	0,032
18	0,019
20	0,012
22	0,01
24	0,008
26	0,007
28	0,006
30	0,006
32	0,005
34	0,005
36	0,004
38	0,003
40	0,003
48	0,002

Таблица 15 – Измеренные значения плотности потока нейтронов полиэтилена с содержанием бора 3% при различной толщине защитного барьера (с кадмиевым фильтром).

Толщина барьера, см	Значение плотности потока, $\text{с}^{-1}\text{см}^{-2}$
0	0,113
2	0,084
4	0,065
6	0,059
8	0,041
10	0,033
12	0,024
14	0,012
16	0,009
18	0,004
20	0,004
24	0,003
26	0,002
28	0,002
30	0,001

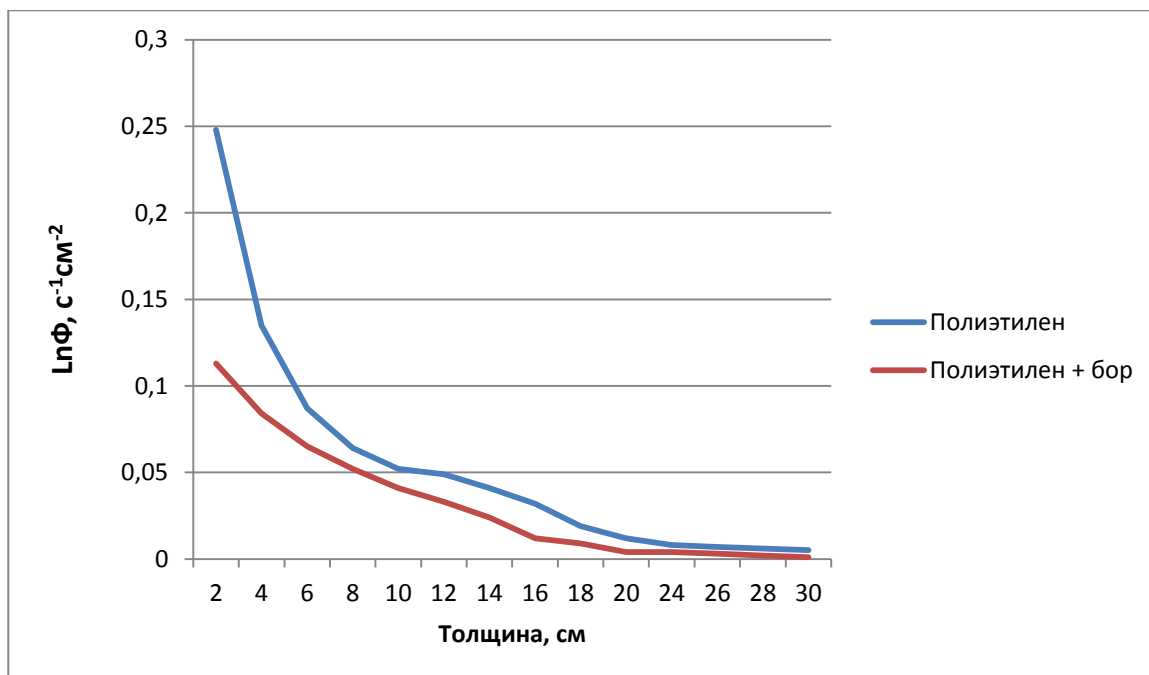


Рисунок 7 - Зависимости величины плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера из полиэтилена и полиэтилена с содержанием бора 3%.

Исходя из графика, видим, что защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора оказал лучшую защиту от потока нейтронов, чем защитный барьер из полиэтилена (с кадмиевым фильтром).

### **3.2. Эксперимент на площадке ИМКЭС**

ИМКЭС – институт мониторинга климатических и экологических систем.

Об институте:

Основные научные достижения ИМКЭС СО РАН связаны с выявлением закономерностей наблюдаемых природно-климатических изменений под воздействием гелиосферных, геосферных, биосферных и техногенных факторов: установлены закономерные связи региональных и глобальных климатических процессов на примере Сибирского субконтинента; установлены закономерные связи климатических и биосферных процессов на примере лесных и болотных экосистем Сибири; разработаны новые информационно-вычислительные технологии моделирования природно-климатических систем; разработаны новые информационно-климатические технологии мониторинга природно-климатических систем; разработаны научные основы проектирования новых технических средств и технологий для мониторинга окружающей среды и созданы экспериментальные и опытные образцы новых приборов, не уступающие мировым аналогам.

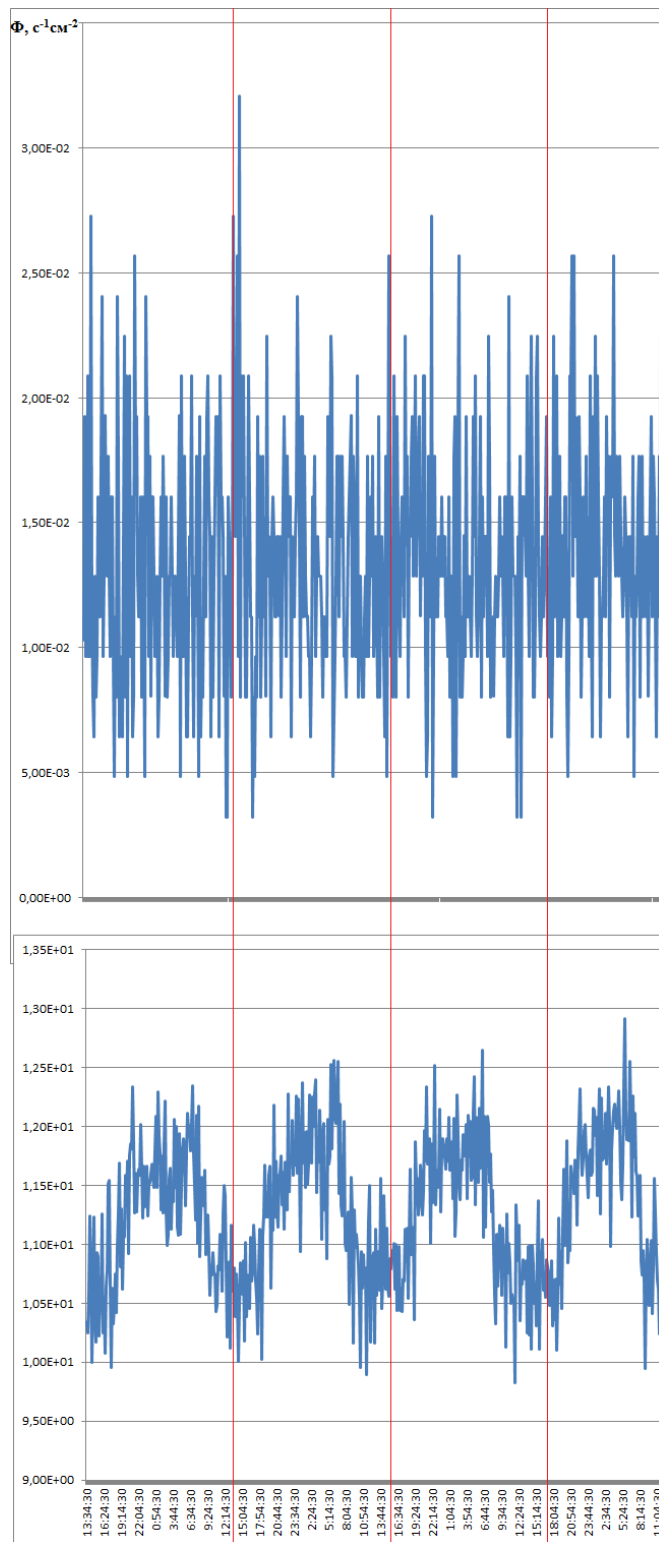


Рисунок 8 – Суточный ход бета- и нейтронной компоненты в приземной атмосфере на уровне 1 метр от поверхности земли на экспериментальной площадке ИМКЭС.



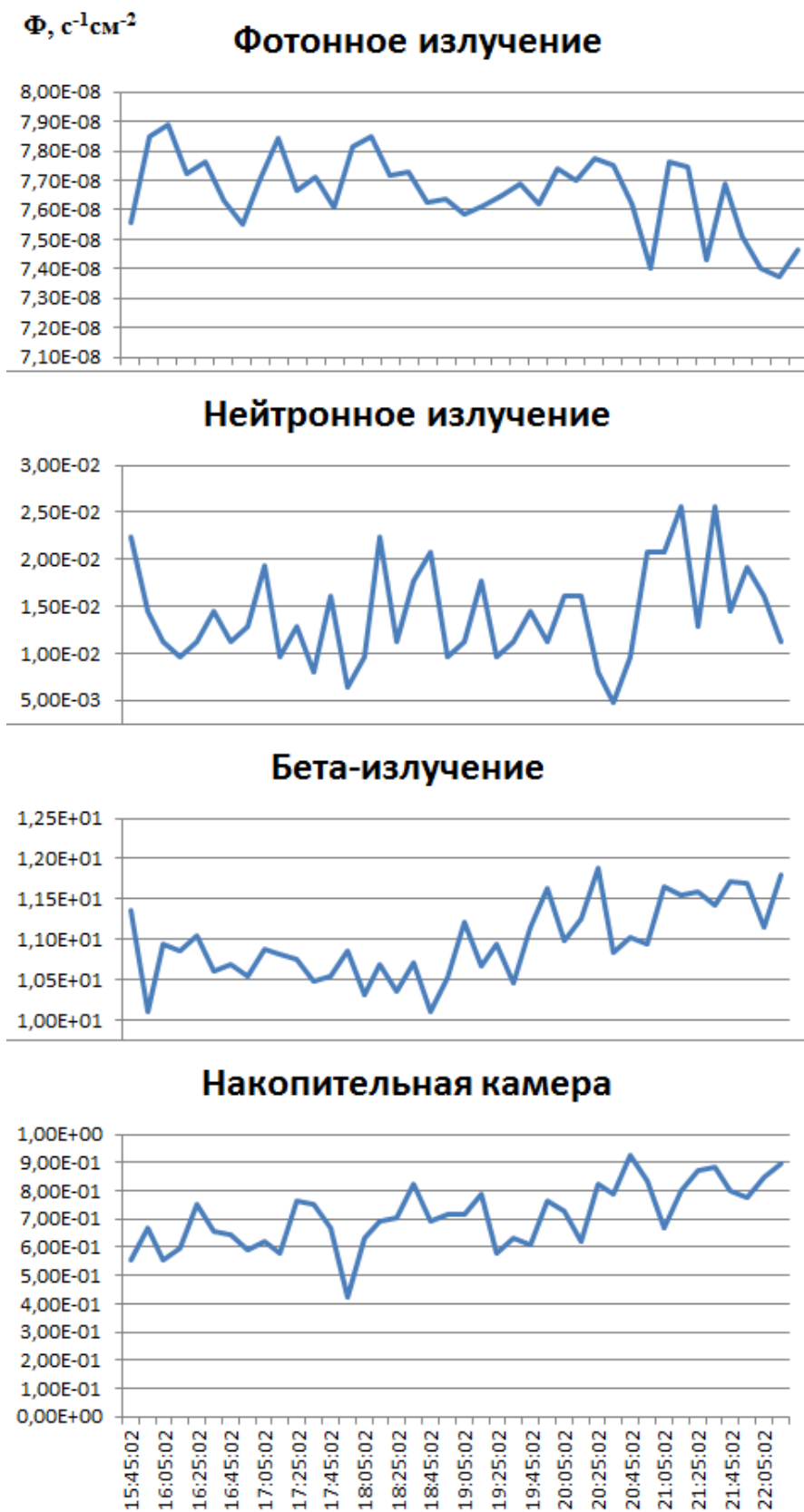


Рисунок 9 – Динамика фотонного, нейтронного, бета- и альфа-излучений в накопительной камере на экспериментальной площадке ИМКЭС.

Изучив динамику фотонного, нейтронного, бета- и альфа- излучений в накопительной камере в закрытой системе, расположенной в 5 см от поверхности земли, построил графики зависимости плотности потока нейтронов от времени. Из графиков видно, что фотонное и бета- излучения сдвинуты по времени на 3,5 часа в недельном цикле. Нейтронное излучение практически полностью дублирует бета-излучение. Альфа-излучение в накопительной камере повторяет нейтронное излучение, но они имеют различие в первый час анализа.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0A2A	Подосинников Артур Вячеславович

<b>Институт</b>	<b>ФТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ПФ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ Календарный план-график реализации проекта
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта

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

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. Календарный план проекта
3. Линейный план-график проекта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент каф. МЕН ИСГТ	Черепанова Н.В.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0A2A	Подосинников Артур Вячеславович		

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

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – это работа научного характера, связанная с научным поиском, проведением исследований с целью получения научных обобщений, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции, она включает в себя:

1) фундаментальные исследования, выполняемые с целью расширения научных знаний, явлений и закономерностей их развития безотносительно к их конкретному практическому применению;

2) поисковые исследования, выполняемые с целью нахождения путей использования выявленных явлений и закономерностей в конкретной области науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов и технологий;

3) прикладные исследования, направленные на решение научных проблем, совершенствование методов с целью получения конкретных результатов, используемых в опытно-конструкторских разработках при создании научно-технической продукции (в том числе технических средств обучения).

##### **4.1. Планирование ВКР**

Выпускные квалификационные работы разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98. В зависимости от характера и сложности ВКР ГОСТ допускает разделение этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. В рамках данной работы была сформирована рабочая группа, в состав которой вошли:

- руководитель;

– студент.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении ВКР приведен в таблице 16.

Таблица 16– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследования	Руководитель
	4	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические исследования	6	Изучение документации, поиск литературы	Студент
	7	Поиск статей в журналах по выбранной тематике	Студент
Проведение расчетов	8	Получение необходимых данных	Студент
	9	Создание графических зависимостей	Студент

Основные этапы	№ Работ	Содержание работы	Исполнитель
	10	Анализ и описание результатов	Студент
Оформление отчета по ВКР	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
	12	Составление пояснительной записки	Студент

#### 4.1.1. Определение трудоемкости выполнения ВКР

Следующим этапом является определение трудоемкости выполнения НИР. Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{маxi}}{5}, \quad (4.1)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, (чел.-дн.);

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

$t_{маxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), (чел.-дн).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое

вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.1)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, (раб. дн.);

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, (чел.-дн.);

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, (чел.).

В ходе данной работы количество человек, выполнявших каждую из работ на каждом из этапов, равняется одному.

#### 4.2. Техническая готовность темы

Определение технической готовности темы позволяет точно знать, на каком уровне выполнения находится определенный этап или работа. Показатель технической готовности темы характеризует отношение продолжительности работ, выполненных на момент исчисления этого показателя, к общей запланированной продолжительности работ, при этом следует учесть, что период дипломного проектирования составляет примерно 6 месяцев, включая производственную практику, и дипломник выступает в качестве основного исполнителя.

Для начала следует определить удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$Y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.2.)$$

где  $Y_i$  – удельное значение каждой работы, (%);

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, (раб. дн.);

$T_p$  – суммарная продолжительность темы, (раб. дн.).

Тогда техническую готовность темы  $\Gamma_i$ , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{i=1}^i T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (4.2.1)$$

где:  $\sum_{i=1}^i T_{pi}$  - нарастающая продолжительность на момент выполнения  $i$ -той работы.

#### 4.2.1. Разработка календарного плана работ

Затем был разработан календарный план работ. В ходе данной работы был построен ленточный график проведения ВКР в форме диаграмм Ганга.

Для удобства построения календарного план–графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k; \quad (***)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, (кален.дн.);

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, (раб.дн.);

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Расчёт коэффициента календарности производится по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{нд}} = \frac{365}{365 - 95 - 23} = 1,48; \quad (***)$$

где  $T_{кз}$  – количество календарных дней в году, ( $T_{кз} = 365$  дн.);

$T_{вд}$  – количество выходных дней в году, ( $T_{вд} = 95$  дн.);

$T_{нд}$  – количество праздничных дней в году, ( $T_{нд} = 23$  дн.).

Расчетные данные сведены в таблице (12), на основании которой был построен календарный план–график.

Таблица 17 – Временные показатели проведения ВКР



i	Исполнитель	$t_{mini}$	$t_{maxi}$	$t_{ожi}$	$\Psi_i$	$T_{pi}$	$Y_i$	$\Gamma_1$	$T_k$
1	Руководитель	2	5	3,2	1	3,2	3,8	3,8	4,7
2	Руководитель, Дипломник	4	8	5,6	2	2,8	3,4	7,2	4,1
3	Руководитель	3	5	3,8	1	3,8	4,6	11,8	5,6
4	Руководитель	4	8	5,6	1	5,6	6,7	18,5	8,3
5	Руководитель, Дипломник	2	4	2,8	2	1,4	1,7	20,1	2,1
6	Дипломник	4	8	5,6	1	5,6	6,7	26,9	8,3
7	Дипломник	5	10	7	1	7,0	8,4	35,3	10,4
8	Дипломник	3	6	4,2	1	4,2	5,0	40,3	6,2
9	Руководитель	2	4	2,8	1	2,8	3,4	43,6	4,1
10	Руководитель, Дипломник	5	10	7	2	3,5	4,2	47,8	5,2
11	Дипломник	7	14	9,8	1	9,8	11,8	59,6	14,5
12	Дипломник	5	10	7	1	7,0	8,4	68,0	10,4
13	Руководитель	3	7	4,6	1	4,6	5,5	73,5	6,8
14	Дипломник	7	14	9,8	1	9,8	11,8	85,3	14,5
15	Руководитель	3	7	4,6	1	4,6	5,5	90,8	6,8
Итого		59	120	83,4	–	75,7	90,8	–	112



На основании полученных данных был построен план–график в виде диаграммы Ганта.

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

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

№ работы	Исполнитель	T <sub>k</sub>	Продолжительность выполнения работ														
			Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Руководитель	4,7															
2	Руководитель, Дипломник	4,1															
3	Руководитель	5,6															
4	Руководитель	8,3															
5	Руководитель, Дипломник	2,1															
6	Дипломник	8,3															
7	Дипломник	10,4															
8	Дипломник	6,2															
9	Руководитель	4,1															
10	Руководитель, Дипломник	5,2															
11	Дипломник	14,5															
12	Дипломник	10,4															
13	Руководитель	6,8															
14	Дипломник	14,5															
15	Руководитель	6,8															

Таблица 10 – Календарный план–график в виде диаграммы Ганта

 – Руководитель  – Дипломник

### **4.3. Определение плановой себестоимости проведения ВКР**

Определение затрат на выполнение ВКР производится путем составления калькуляции по отдельным статьям затрат всех видов необходимых ресурсов. Калькуляция является основным документом, на основании которого осуществляется планирование и учет затрат на научные исследования.

Калькуляция плановой себестоимости проведения ВКР составляется по следующим статьям затрат:

- Материалы;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Спецоборудование для научных и экспериментальных работ;
- Затраты на оплату труда работников, непосредственно участвующих в ВКР;
- Работы, выполняемые сторонними организациями;
- Накладные расходы;

Все статьи, кроме накладных расходов, относятся к прямым затратам. Величину прямых затрат, как правило, следует определять прямым счетом, это затраты, связанные непосредственно с выполнением конкретной ВКР, остальные затраты рассчитываются косвенным способом, это затраты на содержание аппарата управления, общетехнических и общехозяйственных служб, они объединяются в статью «Накладные расходы».

#### **4.3.1. Затраты на материалы**

Затраты на материалы формируются из затрат на их фактическое приобретение и транспортировку. В данную статью затрат входят: сырьё, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты, а также электроэнергия на технологические нужды. Результат калькуляции по данной статье сведён в таблицу (18).

Таблица 18 – Сырьё и материалы

Наименование	Кол-во	Цена, руб./ед.	Сумма, руб.
Бумага для печати	2	180	360
Папка–органайзер для бумаги	2	340	680
Тонер для принтера	1	700	700
Ручка	2	20	40
Карандаш	4	15	60
<b>Всего за материалы</b>			<b>1840</b>
<b>Транспортно–заготовительные расходы (5%)</b>			<b>92</b>
<b>Электроэнергия</b>			<b>588</b>
<b>Итого по статье <math>C_m</math></b>			<b>2520</b>

Затраты на электроэнергию для работы компьютера рассчитываются по формуле:

$$C = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} \quad (4.3.1)$$

где  $C_{эл} = 250$  – тариф на электроэнергию, коп/(кВт · ч);

$F_{об} = 112 \cdot 6 = 672$  – время использования оборудования, (ч).

При выполнении работы использовался персональный компьютер со средней мощностью 350 Вт(0,35 кВт).Если предположить, что вся работа выполнялась на нем, то, согласно таблице (11), всего было израсходовано (112 календарных дней, шестичасовой рабочий день):

$$E_{ПК} = P \cdot F_{об} = 0,35 \cdot 672 = 235,2 \text{ кВт};$$

тогда стоимость потраченной электроэнергии равна:

$$C = C_{\text{эл}} \cdot E = 2,50 \cdot 235,2 = 588 \text{ руб.}$$

#### 4.3.2. Затраты на спецоборудование для научных работ

В данной работе спецоборудование не приобреталось, а использовалось уже имеющееся, поэтому затраты по данной статье калькуляции входят в общую себестоимость в виде амортизационных отчислений, сумма которых определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot C \cdot T_0}{365 \cdot 100\%} \quad (4.3.2)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;

$C$  – стоимость используемого оборудования, руб.;

$H_A = 33$  – годовая норма амортизации, % (компьютеры принадлежат ко второй группе амортизации);

$T_0$  – время использования оборудования, сутки.

Результат расчёта затрат на спецоборудование сведён в таблицу (19).

Таблица 19 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Кол-во	С, руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	$A$ , руб.
Персональный компьютер	1	40500	33	112	4101
<b>Итого</b>					<b>4101</b>

### 4.3.3. Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР

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

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot \square_{раб}; \quad (***)$$

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

$\square_{раб}$  – продолжительность работ, выполняемых научно–техническим работником, (раб.дн.);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, (руб.).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \cdot \square}{\square_{\delta}}; \quad (***)$$

где  $Z_{м}$  – месячный должностной оклад работника, (руб.);

$\square$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 24 рабочих дня,  $M = 11,2$  месяца, 5–дневная неделя;
- при отпуске в 48 рабочих дней,  $M = 10,4$  месяца, 6–дневная неделя;

$\square_{\delta}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно–технического персонала (в рабочих днях), таблица (20).

$$Z_{м} = Z_{тс} \cdot k_p, \quad (***)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по квалификационной группе, руб.;

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

В общем виде получаем:

$$Z_{осн} = \frac{Z_{тс} \cdot k_p \cdot M}{F_d} \cdot T_{раб.} \quad (***)$$

Таблица 20– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
– выходные дни	52	104
– праздничные дни	11	11
Потери рабочего времени		
– отпуск	48	24
– невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	255	227

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

– оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

– стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ равна:

$$Z_{осн} = \frac{22458 \cdot 1,3 \cdot 10,4}{255} 32,3 = 38460 \text{ руб.},$$

Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10 –15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}; (***)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, (руб.);

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, (руб.).

Примем коэффициент дополнительной зарплаты для научного руководителя равным 0,15. Тогда его дополнительная зарплата будет равна:  
 $Z_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 50010 = 7501,5 \text{ руб.}$

$$C_{\text{зп}} = 50010 + 7501,5 = 57511,5 \text{ руб.}$$

Заработная плата дипломника состоит из стипендии. Дипломник, выполнивший данную работу, получает стипендию в размере 2500 руб. За время выполнения данной дипломной работы заработная плата составит:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{2500 \cdot 1,3 \cdot 10,4}{227} \cdot 70 = 10423 \text{ руб.,}$$

Дополнительная заработная плата для студента:

$$Z_{\text{доп}} = 0,1 \cdot 10423 = 1042,3 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп}} = 10423 + 1042,3 = 11465,3 \text{ руб.}$$

В таблице (21) приведены результаты расчётов заработных плат всех исполнителей НИР.



Таблица 21 – Заработная плата исполнителей НИР

Вид заработной платы	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата, руб.	38460	10423
Дополнительная зарплата, руб.	7501,5	1042,3
Зарплата исполнителя, руб.	459611,5	11465,3
Итого по статье $C_{ЗП}$ , руб.	57426,8	

#### 4.3.4. Отчисления во внебюджетные фонды (социальные нужды)

Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30% от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИР, и вычисляются по формуле:

$$\square_{ОВФ} = k_{ОВФ} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}); (***)$$

где  $k_{ОВФ}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Тогда, отчисления составят следующую сумму:

$$\square_{ОВФ} = 0,3 \cdot 68976,8 = 20693 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями

Необходимо учесть расходы за работы выполняемые сторонними организациями. Эти расходы включают распечатку и переплет. Всего распечатано 100 страниц (2 руб. за каждый) и 20 руб. за переплет:

$$C_{стор} = 100 \cdot 2 + 20 = 220 \text{ руб.}$$

#### 4.3.6. Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИР. По этой статье учитываются оплата труда административно–управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Накладные расходы в ТПУ составляют 25 – 35% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы. Если ВКР выполняется в ПИИ или на промышленном предприятии, то накладные расходы учитываются по этим организациям, как правило, они составляют 70 – 100%. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:  $\square_{накл} = \kappa_{накл} \cdot (З_{осн} + З_{доп})$ ; (\*\*\*)

где  $\kappa_{накл}$  – коэффициент накладных расходов.

Предположим, что накладные расходы составляют 25% от общей заработной платы работников. Тогда величина накладных расходов составит:

$$\square_{накл} = 0,25 \cdot 68976,8 = 17244,2 \text{ руб.}$$

Полученные данные по отдельным статьям затрат с калькуляцией плановой себестоимости НИР приведены в таблице (22).

Таблица 22 – Данные по калькуляции плановой себестоимости НИР

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Материалы	2520
Затраты на спецоборудование (амортизация)	4101
Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НИР	57426,8
Отчисления во внебюджетные фонды	20693
Работы, выполняемые сторонними	220

организациями	
Накладные расходы	17244
Итого себестоимость НИР $C_{окр}$	102204,8

Таким образом, работы, выполняемые сторонними организациями, имеют наименьшую сумму затрат. Заработная плата людей, непосредственно занятых выполнением работ НИР, является наибольшей статьёй затрат и составляет 61,2 % от себестоимости НИР. Себестоимость проведение НИР составляет сумму в 102204,8 руб.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0A2A	Подосинников Артур Вячеславович

<b>Институт</b>	<b>ФТ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ПФ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии / Радиационная безопасность человека и окружающей среды

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

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

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

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

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент каф. ПФ ФТИ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0A2A	Подосинников Артур Вячеславович		

## 5. Социальная ответственность

Одним из важнейших профилактических мер по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда. Одновременно должно осуществляться последовательное повышение качества и эффективности всех средств коллективной и индивидуальной защиты от вредных и опасных производственных факторов, увеличение объема их производства до полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и рациональное их использование.

В основе Законодательства Российской Федерации об охране труда лежит Конституция Российской Федерации и Трудовой кодекс Российской Федерации.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации возлагаются на работодателя. Согласно Федеральному закону от 17 июля 1999 г. №181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.) поясним некоторые понятия[3].

Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно – технические, санитарно – гигиенические, лечебно – профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

Безопасные условия труда – условия труда, при которых воздействие на работающих вредных или опасных производственных факторов исключено либо уровни их воздействия не превышают установленные нормативы.

Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Сложность поставленных задач требует использования достижений многих научных дисциплин, прямо или косвенно связанных с задачами создания безопасных условий труда. При разработке требований производственной санитарии используются результаты исследований ряда медицинских и биологических дисциплин.

Успех в решении проблем охраны труда в большой степени зависит от качества подготовки специалистов в этой области, от их умения принимать правильные решения в сложных и изменчивых условиях современного производства.

Правила по охране труда и техники безопасности являются обязательными для исполнения рабочими, служащими, инженерно – техническими работниками и руководящим составом.

### **5.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Научно – исследовательская работа происходила на кафедре ФЭУ (физико-энергетических установок). Исследования велись на ПЭВМ. Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические. В таблице 23 приведены основные элементы, которые формируют опасные и вредные факторы.

Таблица 23 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа на ПЭВМ. Работа на электрической установке	–	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)	–	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03  Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	–	Пожарная безопасность	Пожарная безопасность. Общие требования. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ.
Работа с источниками ионизирующего излучения	Ионизирующее излучение	–	НРБ-99

На работника лаборатории, проводящего экспериментальные исследования, могут воздействовать следующие факторы:

Физические:

- температура и влажность воздуха;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещённость;
- наличие излучения.

Психофизиологические:

- физические перегрузка (статическая, динамическая);
- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, перегрузки анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

## **5.2. Организационные мероприятия**

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому, присваивается соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.



### 5.3. Организация рабочего места оператора ЭВМ

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, показанного на рисунке 10.

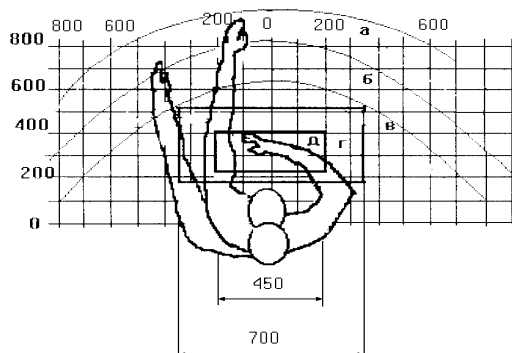


Рисунок 10. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а – зона максимальной досягаемости рук;
- б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в – зона легкой досягаемости ладони;
- г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (слева); принтер находится в зоне а (справа); документация – в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования. Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в

пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет

клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

#### **5.4. Условия безопасности работы**

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии со и приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до  $20 \text{ м}^3$  на человека – не менее  $30 \text{ м}^3$  в час на человека; при объёме помещения более  $40 \text{ м}^3$  на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В ходе работы с очистительной установкой используются растворы, содержащие магний и кальций, концентрация которых не превышает предельно допустимые значения.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне.

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [16] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. По нормам [5] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

### **5.5. Радиационная безопасность**

Главная цель радиационной безопасности – охрана здоровья людей от вредного воздействия ионизирующего излучения путем соблюдения основных принципов и норм радиационной безопасности.

Главным документом по радиационной безопасности при организации работ с источниками ионизирующих излучений является “Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений”.

Работа выполнялась с такими источниками как  $\text{Pu}^{239}$  и  $\text{Am}^{241}\text{-Li}^7$ .

Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить торможение функции кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных

сосудов, снижение сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям и др. Необходимо применять защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала.

Для этого существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности.

Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы. Пределы допустимых доз для персонала группы А и населения приведены в табл. 25.

Таблица 25 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год: в хрусталике в коже	150мЗв 500мЗв	15мЗв 50мЗв

В кистях и стопах	500мЗв	50мЗв
-------------------	--------	-------

Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А.

Значения проектной мощности эквивалентной дозы для стандартной продолжительности пребывания в помещениях и на территориях персонала и населения приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц	Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч	
Персонал	Гр.А	Постоянное пребывание	700	6,0
		Временное пребывание	850	12
	Гр.Б	Помещение организации и территория С.З.З., где нах-ся. пер.гр.Б	2000	1,2
Население	Любое другое помещение и территория	8800	0,06	

По проведенным измерениям плотности потока нейтронов и эквивалентной дозы вторичного гамма-излучения можно сделать вывод, что на территории, где проводились измерения не наблюдалось превышение мощности эквивалентной дозы для населения, а значит данные измерения проводились в условиях радиационной обстановки безопасной для человека.

## **5.6. Электробезопасность**

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ или другими электрическими приборами и установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта электрических приборов;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании.



Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает тепловое, химическое и биологическое воздействие.

Тепловое (термическое) действие проявляется в виде ожогов участка кожи, перегрева различных органов, а также возникающих в результате перегрева разрывов кровеносных сосудов и нервных волокон.

Химическое (электролитическое) действие ведет к электролизу крови и других содержащихся в организме человека растворов, что приводит к изменению их физико-химических составов, а значит, и к нарушению нормального функционирования организма.

Биологическое действие проявляется в опасном возбуждении живых клеток и тканей организма, в результате чего они могут погибнуть.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от:

1. Параметров электрического тока, протекающего через тело человека (величины напряжения, частоты, рода тока приложенного к телу);
2. Пути тока через тело человека (рука-рука, рука-нога, нога-нога, шея-ноги и др.);
3. Продолжительности воздействия тока через тело человека;
4. Условий внешней среды (влажности и температуры);
5. Состояния организма человека (толщины и влажности кожного покрова, состояния здоровья и возраста);

Электрозащитные средства – это переносимые и перевозимые изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги. Эти средства должны обеспечивать высокую степень защиты и удобство при эксплуатации. Их выбирают с учетом требований безопасности для данного вида работ. В первую очередь безопасность обеспечивается применением средств коллективной защиты, а затем, если она не может быть обеспечена, применяют

средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты от поражения электрическим током относятся [6]:

- оградительные устройства, которые могут быть стационарными и переносимыми. Ограждения могут быть заблокированы с устройствами, отключающими рабочее напряжение при снятии;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления, зануления и защитного отключения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства и др.

### **5.7. Пожарная и взрывная безопасность**

Согласно [7], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение лаборатории по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий,

противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении пожара сообщить руководителю, органам

противопожарной безопасности предприятия и приступить к тушению пожара огнетушителем.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

1. Сообщить руководству (дежурному).
2. Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС – тел. 112.

## Заключение

Цели и задачи, поставленные в работе выполнены полностью, удалось разработать нейтронный канал, получить данные по фотонному, нейтронному, гамма-, бета- и альфа-излучению. Экспериментальную часть ВКР можно разделить на два эксперимента (лабораторный эксперимент и эксперимент на площадке ИМКЭС). Лабораторный эксперимент проходил на кафедре ФЭУ ФТИ. Он заключался в работе с полиэтиленовыми призмами. Были получены зависимости плотности потока нейтронов от толщины защитного барьера и вторичного гамма-излучения от толщины защитного барьера. Как показал эксперимент, защитный барьер из полиэтилена с содержанием бора 3% оказал лучшую защиту от нейтронов и гамма-излучения, чем полиэтилен без содержания бора. По итогам эксперимента на площадке ИМКЭС были получены зависимости плотности потока нейтронов от временного промежутка. Как показал эксперимент, что даже на малой динамике (в 7 часов) выявляется закономерность, что бета-, альфа- и нейтронное излучение зависят друг от друга, но для уточнения этого факта необходимо получить более длинный период рядов. В полученной динамике просматриваются следующие основные закономерности бета- и альфа- излучения в накопительной камере (плотность потока радона – ППР) – корреляция, гамма-бета – излучение на высоте 1 метр от поверхности земли – антикорреляция, нейтроны имеют 2 максимума в сутки, что соответствует лунным приливам (влияние луны на динамические процессы на Земле). Гамма-, бета- и ППР - имеют один максимум в суточных вариациях (влияние солнца).

## Список литературы

- 1) Шаров Ю.Н., Шубин Н.В. Дозиметрия и радиационная безопасность: Учебник для техникумов. М.: Энергоиздат, 1982 – 256 с.
- 2) Машкович, В.П. Защита от ионизирующих излучений / В.П. Машкович, А.В. Кудрявцева. – М.: АП “Столица”, 2013. – 496 с.
- 3) Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: Учебник для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 464с.
- 4) Рыжакова Н.К. Ядерная физика и её приложения: учебное пособие - 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 275 с.
- 5) Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: учебное пособие - 4-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 369 с.
- 6) Медведев Ю.А., Степанов Б.М., Труханов Г.Я. Ядерно-физические константы взаимодействия нейтронов с элементами, входящими в состав атмосферы и земной коры: Справочник. М.: Энергоиздат, 1987-304 с.
- 7) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
- 8) Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»
- 9) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова,

Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

10) Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

11) Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.

12) Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СП 2.6.1.2523-09.

13) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».

14) ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность..

15) Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность.