

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

Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
 Кафедра Высоковольтной физики и сильноточной электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА:

Тема работы
Исследование поля тормозного рентгеновского излучения конвертора импульсного электронного ускорителя

УДК 621.384.6:539.1.076

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т31	Гунгаев Жамсо Цыренович		

Руководитель

Группа	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ВЭСЭ	Егоров Иван Сергеевич	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Группа	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Группа	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Заведующий кафедрой ВЭСЭ	Ратахин Николай Александрович	Доктор физико- математических наук		
-----------------------------	----------------------------------	--	--	--

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять естественнонаучные и профессиональные знания в области физики плазмы, плазменно-пучковых и электроразрядных технологий в профессиональной деятельности
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области профессиональной деятельности
P3	Применять полученные знания для решения комплексных задач, возникающих при разработке и эксплуатации новой техники и технологий
P4	Разрабатывать, внедрять, эксплуатировать и обслуживать высокотехнологичное оборудование в предметной сфере, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
P5	Владеть методами проведения и планирования аналитических, имитационных и экспериментальных исследований по своей специализации с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе.
P6	Владеть методами и компьютерными системами проектирования и исследования в области профессиональной деятельности
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания естественных, гуманитарных и экономических наук для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной научно-технической деятельности
P11	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки

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



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
 Кафедра Высоковольтной физики и сильноточной электроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Т31	Гунгаев Жамсо Цыренович

Тема работы:

Исследование поля тормозного рентгеновского излучения конвертора импульсного электронного ускорителя

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Для практического использования поля тормозного рентгеновского излучения необходимо знание дозовых и геометрических характеристик поля. Следовательно, необходимо исследовать поле тормозного рентгеновского излучения, источником которого является импульсный электронный ускоритель, путем измерения дозы в разных точках пространства и дальнейшим анализом полученных данных.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор литературных источников с целью выяснения других источников рентгеновского излучения и области применения рентгеновского излучения. Разработка методики измерения дозы и разработка методики проведения эксперимента. Создание экспериментального стенда. Анализ полученных экспериментальных данных и закономерностей. Восстановление объемной картины. Дополнительные разделы,

	подлежащих разработке: социальная ответственность, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
--	---

Перечень графического материала	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры ВЭСЭ	Егоров Иван Сергеевич	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Т31	Гунгаев Жамсо Цыренович		

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



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
 Уровень образования бакалавриат
 Кафедра Высоковольтной физики и сильноточной электроники
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2016/2017 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:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
23.11.2016	Составление и утверждение технического задания	3
01.12.2016	Подбор и изучение материалов по теме	10
26.12.2016	Выбор направления исследований	5
06.02.2017	Составление календарного плана работ	2
8.02.2017	Создание экспериментального стенда	15
20.02.2017	Разработка методики измерения дозы	10
02.03.2017	Разработка методики проведения эксперимента	10
13.03.2017	Проведение измерений дозовых характеристик поля	15
3.04.2017	Анализ полученных экспериментальных данных и закономерностей	20
2.05.2017	Написание ВКР, подготовка к защите	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ВЭСЭ	Егоров Иван Сергеевич	кандидат технических наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ВЭСЭ	Ратахин Николай Алекснадрович	Доктор физико-математических наук		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 72 страницы, 11 рисунков, 18 таблиц, 22 источника.

Ключевые слова: ТОРМОЗНОЕ РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЯ, ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ИМПУЛЬСНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ УСКОРИТЕЛЬ, ДОЗИМЕТРИЯ.

Объектом исследования является поле тормозного рентгеновского излучения. Его дозовые и геометрические характеристики в пространстве.

Целью данной работы является определение дозовых и геометрических характеристик поля тормозного рентгеновского излучения конвертора импульсного ускорителя.

В процессе работы проводилось создание экспериментального стенда, измерение дозовых характеристик поля, восстановление объемной картины поля.

В результате исследования была восстановлена объемная картина поля, для получения дозовых и геометрических характеристик поля тормозного рентгеновского излучения.

Область применения: моделирование космических условий, радиационная обработка пищевых продуктов, радиационная стерилизация медицинских изделий.

Экономическая эффективность/значимость работы: результат работы позволит практически применять поле тормозного рентгеновского излучения, а также позволит оптимизировать настройки ускорителя и конструкцию конвертора для эффективной генерации.

Выпускная квалификационная работа представлена на компакт CD-диске (в конверте на обороте обложки).

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

2 ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

3 ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

4 ГОСТ 2.301 – 68 Единая система конструкторской документации. Форматы.

5 ГОСТ 2.316 – 2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

6 ГОСТ 7.9 – 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.

7 ГОСТ 7.11 – 2004 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на иностранных языках.

8 ГОСТ 7.0.12 – 2011 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Сокращения русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати.

9 ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

10 ГОСТ 8.417 – 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Ионизирующее излучение – это поток элементарных частиц, квантов или волн электромагнитной энергии, вызывающий прямо или косвенно образование электрических зарядов при взаимодействии с веществом.

Тормозное рентгеновское излучение - это коротковолновое электромагнитное (фотонное) излучение с непрерывным энергетическим спектром.

Радиационная стерилизация - это стерилизация изделий с помощью ионизирующего излучения, с целью достижения высокой степени бактерицидности.

Оглавление

Введение	11
1 Ионизирующее излучение	13
1.1 Источники ионизирующих излучений	14
1.1.1 Радиоактивные изотопы	14
1.1.2 Ускорители заряженных частиц	15
1.2 Применение рентгеновского излучения	16
1.3 Методы регистраций ионизирующих излучений	17
2 Методики и экспериментальное оборудование	21
2.1 Источник тормозного рентгеновского излучения	21
2.2 Описание измерительного стенда	22
2.3 Условия и порядок проведения эксперимента	24
2.3.1 Условие проведения эксперимента	24
2.3.2 Порядок проведения эксперимента	24
3. Обработка и анализ экспериментальных данных	25
3.1 Методика обработки данных	25
3.2 Методика построения линий доз поля тормозного рентгеновского излучения	29
3.3 Восстановление объемной картины	30
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	34
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	35
4.1.1 Анализ потенциального рынка и потребителей	35
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений	38
4.1.3 SWOT-анализ	39
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	42
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	42
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	43
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	45
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	48

4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	55
5	Социальная ответственность	61
5.1	Производственная безопасность	61
5.1.1	Анализ вредных производственных факторов	61
5.1.2	Анализ опасных производственных факторов	64
5.1.3	Экологическая безопасность	65
5.1.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	65
5.1.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
	Заключение	69
	Список использованных источников	70

Введение

Радиационная технология сравнительно новая область. Первые радиационные процессы были внедрены в промышленность в середине 1950-х годов, поэтому становление и развитие радиационной технологии как отдельной области произошло в последние 35-40 лет. Радиационная технология в настоящее время занимает еще сравнительно скромное место в общем объеме промышленного и сельскохозяйственного производства. Темпы роста производства продукции радиационными методами высоки примерно 15-20% в год [1].

Одним из наиболее перспективных и важных прикладных применений импульсных электронных ускорителей является использование в качестве источника мощных импульсов тормозного рентгеновского излучения. Также в настоящее время широко используются как ускорители заряженных частиц так и γ -источники на основе изотопов ^{60}Co и реже на основе ^{137}Cs [1,3]. Импульсные электронные ускорители в качестве источников тормозного рентгеновского имеют ряд преимуществ: высокая производительность, повышенная эффективность обработки, высокая импульсная мощность дозы генерируемого излучения и т.д. [2]. Также установки, генерирующие тормозное рентгеновское излучение в диапазоне энергий от 250 до 500 кэВ позволяют решить задачу экономически оправданной обработки небольших массопотоков разнообразных объектов. Этот энергетический диапазон излучения характеризуется достаточной для большинства случаев проникающей способностью, с одной стороны, и простотой создания мощных электронных пучков для генерации излучения - с другой. В этом энергетическом диапазоне достаточно просто осуществляется вывод излучения в зону облучения объектов.

Мощные импульсы короткой длительности (80 нс) тормозного рентгеновского излучения являются современным инструментом в области медицины, при моделировании космических условий, в радиационной

обработке биологических материалов. Но необходимым условием применения данного инструмента является информация о дозовых и геометрических характеристиках поля тормозного рентгеновского излучения в области генерации. Кроме того, полученные данные позволят оптимизировать настройки ускорителя и конструкцию конвертора для достижения максимальной эффективности генерации.

Целью данной работы является определение геометрических и дозовых характеристик поля тормозного рентгеновского излучения конвертора импульсного ускорителя.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Литературный обзор: по источникам ионизирующих излучений, по способам измерения дозы.
- 2) Создание экспериментального стенда. Разработка методики проведения эксперимента.
- 3) Получение экспериментальных данных.
- 4) Обработка экспериментальных данных. Анализ полученных закономерностей.
- 5) Восстановление объемной картины поля.

Объектом исследования является поле тормозного рентгеновского излучения. Его дозовые и геометрические характеристики в пространстве.

Предметом исследования является импульсный электронный ускоритель. Источник тормозного рентгеновского излучения.

1 Ионизирующее излучение

Ионизирующим излучением в общем случае называется поток элементарных частиц, квантов или волн электромагнитной энергии, вызывающий прямо или косвенно образование электрических зарядов при взаимодействии с веществом. Это свойство является общим и наиболее характерным для ионизирующих излучений [6].

В то же время, ионизирующее излучения могут обладать целым рядом других свойств – например, вызывать ядерные превращения атомов, или структурные изменения вещества.

Ионизирующие излучения характеризуются составом, то есть выбором частиц, волн, или квантов, входящих в состав потока излучения, их энергией, интенсивностью, пространственным распределением.

Ионизирующие излучения можно разделить на три основных типа:

1 Корпускулярное излучение, состоящее из электрических заряженных частиц, в основном α и β частицы.

2 Излучение, состоящее из нейтральных (незаряженных) частиц, нейтронов.

3 Электромагнитное излучение (включающее характеристическое и тормозное рентгеновское излучение, также γ -излучение).

Тормозное рентгеновское излучение.

Тормозное рентгеновское излучение – это коротковолновое электромагнитное (фотонное) излучение с непрерывным энергетическим спектром. Диапазон длин волн 10^{-8} - 10^{-12} , м. Образуется при торможении быстрых заряженных частиц, например, при торможении ускоренных электронов. Существенно для легких частиц электронов и позитронов. Спектр тормозного рентгеновского излучения непрерывен, максимальная энергия равно начальной энергии частицы. Тормозное рентгеновское излучение обладает большой проникающей способностью, что предоставляет возможность проведения объемной радиационной обработки материалов [2].

1.1 Источники ионизирующих излучений

В современных облучательных установках используют источники излучения двух типов – радиоактивные изотопы и ускорители заряженных частиц.

1.1.1 Радиоактивные изотопы

Радиоактивные изотопы получают облучением мишеней заряженными частицами на циклотроне или в ядерных реакторах. Радиоактивные изотопы испускают характеристическое и/или тормозное рентгеновское излучение. При этом возможны три варианта возникновения рентгеновского излучения [7]:

1) Внутренняя конверсия или захват атомным ядром электрона К-оболочка с последующим испусканием характеристического К-излучения.

В результате такого захвата образуется вакансия на К-оболочке, а заряд ядра атома уменьшается на единицу. После чего испускается характеристическое рентгеновское излучение для элемента с атомным номером, на единицу меньшим атомного номера радиоактивного изотопа.

Рентгеновское излучение таких изотопов не содержит тормозной составляющей, а удельная интенсивность этого излучения обычно высокая.

2) Взаимодействие β -излучения (то есть электронов, генерируемых в процессе ядерных преобразований) с атомами вещества, приводящее к возникновению тормозного и характеристического рентгеновского излучения.

Изотопы этого типа являются источниками тормозного рентгеновского излучения, образующегося при торможении электронов высоких энергий в самом изотопе и/или в некотором наполнителе, с которым этот изотоп смешивают. В результате ионизации атомов наполнителя возникает его характеристическое излучение. То есть спектральный состав

рассматриваемых источников, кроме обязательного тормозного излучения содержит характеристическую составляющую.

Радиоактивные изотопы начали применять для крупномасштабной обработки материалов раньше ускорителей и в настоящее время используют примерно в одной трети всех действующих промышленных радиационных установок. В основном это ^{60}Co , период полураспада составляет 5,27 года. Приготавливают ^{60}Co в ядерном реакторе облучением нейтронами ампул ^{59}Co . Существенно меньше распространены изотопные источники с ^{137}Cs , период полураспада около 30 лет. Тепловыделяющие элементы ядерных реакторов (твэлы) также содержат радиоактивные изотопы и могут быть применены для коммерческого облучения. Однако использование твэлов затруднено из-за относительно быстрого спада их радиоактивности [4].

1.1.2 Ускорители заряженных частиц

В основном для генерации тормозного рентгеновского излучения используется электронный ускоритель. Работа электронных ускорителей в режиме генерации тормозного рентгеновского излучения основано на том, что при прохождении ускоренного электрона через конвертор электроны испытывают сильное торможение, при этом часть энергии испускается в виде тормозного рентгеновского излучения, остальная часть выделяется на конвертере в виде тепла [7].

Электроны и γ -излучение имеют существенно разную проникающую способность, в отличие от γ -излучения мощного изотопного источника поток электронов может быть локализован. По сравнению с ускорителем электронов изотопные источники конструктивно проще. В то же время ускорители обладают большей мощностью, обеспечивают большую производительность облучения, что позволяет встраивать их в заводской конвейер. Ускорители обеспечивают также более высокий КПД использования и более низкую стоимость излучения, в выключенном

состоянии радиационно безопасны, также же из этого следует, что ускорители электронов управляемы, то есть процесс генерации может быть остановлен, в отличие радиоактивных изотопов, период полураспада которых составляет десятки лет [4].

1.2 Применение рентгеновского излучения

Основным областями применения рентгеновского излучения являются[3]:

- 1 Моделирование космических условий;
- 2 Радиационная обработка пищевых продуктов;
- 3 Радиационная стерилизация медицинских изделий.

а) Моделирование космических условий. С развитием космической техники особое значение приобретает проблема обеспечения надежности космических аппаратов, костюмов и т.д. Как известно в космосе присутствуют рентгеновские излучения, которые опасны как для человека, так и для космических аппаратов. Это вызывает необходимость экспериментальной проверки их работоспособности и надежности в космических условиях [8].

б) Радиационная обработка пищевых продуктов. Радиационная стерилизация пищевых продуктов заключается в облучении пищевых продуктов ионизирующим излучением с целью увеличения сроков хранения и уничтожения болезнетворных микроорганизмов. Для обработки пищевых продуктов используют рентгеновское излучение, поток ускоренных электронов. Механизм действия ионизирующей радиации основан на ионизации молекул и атомов микроорганизмов, в результате чего нарушаются их нормальные биологические функции, и снижается их жизнеспособность [11].

с) Радиационная стерилизация медицинских изделий. Радиационная стерилизация – это стерилизация изделий с помощью ионизирующего

излучения, с целью достижения высокой степени бактерицидности. Для стерилизации применяют γ -излучение ^{60}Co и электронные пучки. Стерилизационный эффект ионизирующего излучения является результатом воздействия на обменные процессы клетки, вызывает их нарушение и боль [10].

Преимущества такого метода:

- 1 Высокая надежность;
- 2 Экологически чистый процесс;
- 3 Высокая производительность.

1.3 Методы регистраций ионизирующих излучений

1 Для исследования различных характеристик излучений используются различные регистрирующие и измерительные приборы. Любой такой прибор состоит из двух основных частей – детектора и измерительного устройства. Детектор осуществляет преобразование попадающих в него ионизирующих частиц или квантов в электрические импульсы. Измерительное устройство усиливает импульсы, а затем обрабатывает поток импульсов, после чего выдает нужную информацию [5].

Детекторы по принципу регистрации подразделяются на следующие виды:

Газовые ионизационные детекторы в свою очередь подразделяются на ионизационную камеру и газовый счетчик.

Ионизационная камера представляет собой конденсатор, состоящий из электродов и, между которыми находится газ. Электрическое поле между электродами создается от внешнего источника. Под действием ионизирующего излучения в газе камеры возникают положительные и отрицательные ионы. Под действием электрического поля на хаотическое движение ионов накладывается движение дрейфа: отрицательные ионы движутся к положительно заряженному электроду, положительные – к

отрицательно заряженному электроду. В цепи возникает ток, который регистрируется измерительным прибором [5].

Газовый счетчик представляет собой детектор по конструкции аналогичный ионизационной камере, предназначенный для регистрации отдельных ядерных частиц. В отличие от ионизационных камер в газовых счетчиках для усиления ионизационного тока используется газовый разряд. Благодаря высокой чувствительности газовый счётчик реагирует на каждую частицу, возникшую внутри объёма газа, или проникшую в него из стенки счётчика [5].

2 Полупроводниковые детекторы. Представляет собой твердотельную ионизационную камеру, в которой роль носителей электрического заряда играют электроны и так называемые «дырки». Электрон, выбитый из зоны проводимости, обладает очень большой энергией, которой достаточно для проведения ионизации многих других атомов полупроводника, что приводит к увеличению проводимости проводника. Полупроводниковые детекторы позволяют регистрировать все виды ионизирующих излучений. Недостаток: малая ширина запрещённой зоны обуславливает появление свободных электрических зарядов в чувствительном объёме счётчика в результате флуктуации энергии теплового движения. Это приводит к возникновению высокой фоновой проводимости полупроводника. В некоторых случаях высокий темновой ток не позволяет использовать полупроводники в качестве детекторов ионизирующего излучения. Неопределённость в величине чувствительного объёма затрудняет применение полупроводниковых дозиметров в качестве метрологических установок для измерений дозы [5].

3 Сцинтилляционные детекторы. Принцип действия основан на изменении интенсивности световых вспышек, возникающих в люминесцирующих веществах при прохождении через них ионизирующего излучения. Для регистрации световых вспышек используется фотоэлектронный умножитель. Излучение, взаимодействуя с веществом

сцинтиллятора, вызывает образование в нём электронов, которые возбуждают атомы сцинтиллятора. Переход возбуждённых атомов в основное состояние сопровождается излучением фотонов. Свет через световод попадает на фотокатод ФЭУ. В ходе фотоэффекта из фотокатода выбиваются фотоэлектроны, которые размножаются на диодной системе ФЭУ, и усиленный таким образом электронный ток попадает на анод ФЭУ. Каждому электрону, поглощённому в сцинтилляторе, соответствует импульс тока в анодной цепи ФЭУ. Измерению может подлежать как среднее значение анодного тока (токовый режим), так и число импульсов тока в единицу времени (счётчиковый режим сцинтилляционного дозиметра). Ток в сцинтилляционном дозиметре соответствует поглощённой энергии излучения, а скорость счёта – плотности потока частиц [5].

4 Фотографический метод. Метод основан на свойстве ионизирующих воздействовать на чувствительный слой фотоматериалов аналогично видимому свету. Для этого применяют рентгеновские пленки, представляющие собой чувствительную эмульсию, нанесенную с одной или двух сторон на целлулоидную подложку. Химически обработанная плёнка имеет прозрачные и почерневшие места, которые соответствуют незасвеченным и засвеченным участкам фотоэмульсии. Используя этот эффект для дозиметрии, можно устанавливать связь между степенью почернения плёнки и поглощённой дозой, которую определяют по оптическому пропусканию с помощью денситометра. Недостатком метода является невысокая чувствительность к малым дозам излучения и зависимость результатов измерений от условий обработки пленки и имеется расходный материал, что экономически не эффективно при многократных измерениях [5].

5 Химический метод. Химический метод дозиметрии основан на регистрации необратимых химических изменений, производимых излучением в веществе. Продукты химических реакций определяются либо непосредственно (по изменению цвета и т. п.), либо косвенно с помощью

способов химического анализа (титрование, спектрофотометрия и др.). Недостатком метода является самопроизвольное изменение параметров раствора и без облучения при хранении, вследствие чего он должен быть приготовлен непосредственно перед измерением и также экономическая неэффективность при многократном измерении [9].

2 Методики и экспериментальное оборудование

2.1 Источник тормозного рентгеновского излучения

В качестве источника импульсного электронного пучка использовался импульсный электронный ускоритель ТИУ-500 (лаборатория №1 11г корпус ТПУ ИФВТ) с выходными параметрами: Ускоряющее напряжение $U=500$ кВ, длительность импульса $t=100$ нс, энергетический запас $W=100$ Дж. В качестве источника тормозного рентгеновского излучения использовался пластина из нержавеющей стали толщиной 1 мм.



Рисунок 1 – Импульсный электронный ускоритель ТИУ-500

2.2 Описание измерительного стенда

Стенд представляет собой измерительный стол, размещаемый на заданном расстоянии от плоскости конвертора. На поверхности стола расположена концентрическая сетка из дозиметров емкостного типа, марки ИД-2 [5]. Схема стенда представлена на рисунке 1.

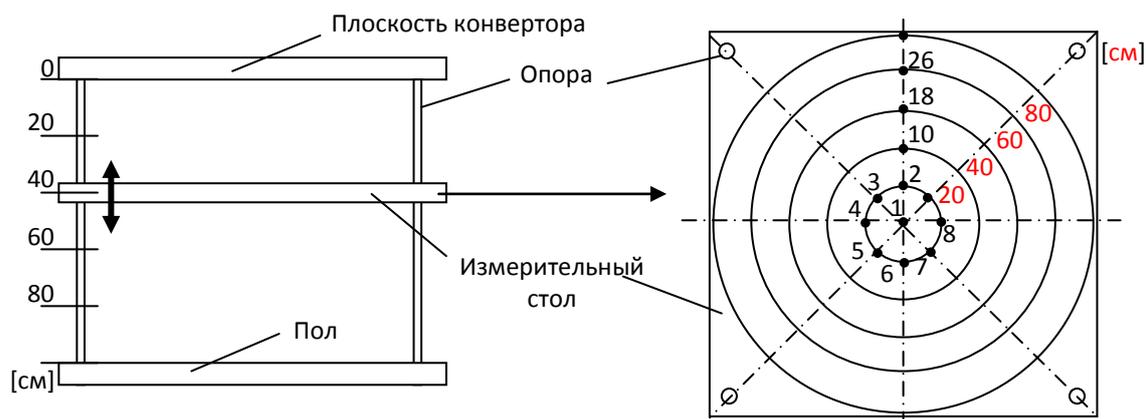


Рисунок 2 - Схема стенда

Данный стенд позволяет измерить дозовые характеристики в разных расстояниях от плоскости конвертора, в данном случае 20,40,60,80 см. Это дает нам геометрическое представление распространения поля в пространстве. Расстояние от плоскости регулируется с помощью четырех металлических опор.

В данной работе для измерения дозы в разных точках пространства использовались дозиметры емкостного типа КИД-2, потому что диапазон измерений подходит для данной работы, прост в эксплуатации, и подходит для многократных измерений [5].

Комплект индивидуального дозиметрического контроля типа КИД-2 предназначен для измерения экспозиционной дозы рентгеновского излучения с энергией от 0,15 до 2,0 МэВ в диапазоне 0,005-1,0 Р. Диапазон измерений разбит на два поддиапазона [5]:

I диапазон – 0,005-0,05 Р при мощности экспозиционной дозы не более 1,67 мР/с;

II диапазон – 0,05-1,0 Р при мощности экспозиционной дозы не более 33 мР/с.

Конструкция дозиметра представлена на рисунке 2.

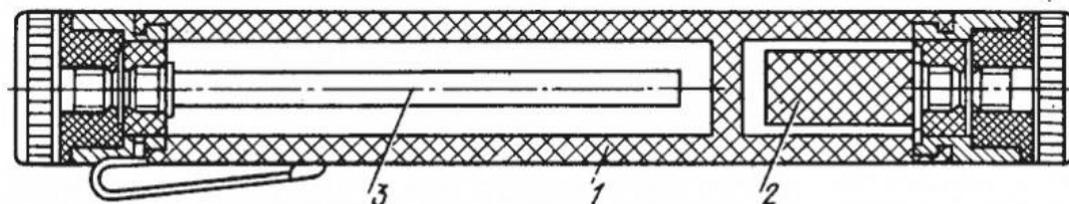


Рисунок 3 – Конструкция индивидуальных дозиметров КИД-2.

1 - Корпус; 2,3 – Центральные электроды.

Дозиметр состоит из двух ионизационных камер, рассчитанных на максимальные экспозиционные дозы 0,05 и 1,0 Р с центральными электродами соответственно. Каждая камера представляет электрическую емкость, образованную центральным электродом и корпусом [5].

Корпус дозиметра с более высоким максимальным значением регистрируемой экспозиционной дозы (1,0 Р) имеет красный цвет. Корпус дозиметра на 0,05 Р имеет золотистый цвет.

Основная погрешность измерения экспозиционной дозы гамма-излучения в нормальных условиях не превышает $\pm 7\%$ для первой трети и $\pm 15\%$ для остальной части шкалы [5].

Саморазряд дозиметра за 24 часа при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности $95\pm 3\%$ не превышает 5 % максимального значения шкалы поддиапазона [5]. Поэтому задержка снятия данных с дозиметров не превышала 12 часов, что повышает точность и качество полученных измерений.

2.3 Условия и порядок проведения эксперимента

2.3.1 Условие проведения эксперимента

- Для проведения эксперимента при 8 лучевой схеме заполнения сетки измерительного стола требуется 40 дозиметров, 4 из которых являются дозиметрами свидетелями.
- Дозиметры размещаются в узлах сетки по касательной к окружностям;
- Показания с дозиметров снимались согласно инструкции ;

2.3.2 Порядок проведения эксперимента

Для проведения эксперимента в первую очередь требуется определить необходимое количество импульсов для корректной оценки дозы на разных расстояниях от плоскости конвертора. Для этого первоначально, в центральном круге стола (предположительно в области максимальной дозы) на минимальном расстоянии от плоскости конвертора одновременно размещали 5 дозиметров. Дозиметры облучали одновременно 2, 5, 10, 20, 30 импульсов, при этом, при достижении количества импульсов 1 дозиметр убирала. Итоговое количество импульсов на разных расстояниях от плоскости конвертора представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Количество импульсов на разных расстояниях от плоскости конвертора

Расстояние, см	20	40	60	80
Кол-во импульсов	5	15	15	15

Далее производилась раскладка на измерительном столе дозиметров, начиная с центральной точки. Местоположение и номер дозиметра фиксировались в контрольном листе эксперимента. Следующим шагом являлась установка дозиметров-свидетелей, для введения поправочного

коэффициента. Облученные с установленным количеством импульсов дозиметры передавались в радиационную службу безопасности. После снятия данных раскладка повторялась с увеличением расстояния от плоскости конвертера до измерительного стола.

3. Обработка и анализ экспериментальных данных

3.1 Методика обработки данных

1 Определяем дозу тормозного рентгеновского излучения в разных точках пространства. Показания с дозиметров снимали в отделе РБ (Исаков П.Я.), полученные данные внесли в таблицу 1.

2 Далее следует привести экспериментальные данные к одному импульсу. Для этого экспериментальные данные делим на 15 (количество импульсов). В эксперименте как упоминалось ранее, использовались дозиметры-свидетели для корректировки полученных данных. Их положение не менялось во время всего эксперимента, они нужны были для точности эксперимента. Потому что выходные параметры ускорителя могут меняться от импульса к импульсу. Если показания дозиметра-свидетеля отличается от других дозиметров-свидетелей, то стоит ввести поправочные коэффициенты для данных с отличающимися показаниями дозиметров-свидетелей. Например, возьмем показания дозиметра-свидетеля 36, с него сняли следующие показания 300, 510, 750, 750. Приводим к одному импульсу и получаем следующие данные 60, 34, 50, 50. Поправочный коэффициент будем вычислять относительно 50. Тогда получаются следующие коэффициенты 0.833, 1.47, 1, 1.

3 Приведенные к одному импульсу данные с поправочным коэффициентом приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Приведенные экспериментальные данные

Расстояние, см/ № точки	20	40	60	80
1	143,3	63,7	20,0	13,3
2	103,3	53,9	17,3	13,3
3	101,7	56,8	20,0	12,7
4	100,0	54,9	17,7	11,3
5	102,5	54,9	17,0	12,0
6	101,7	58,8	18,0	12,0
7	95,8	53,9	16,7	10,0
8	95,8	53,9	16,7	10,7
9	101,7	54,9	18,7	13,3
10	50,0	41,2	16,7	12,7
11	57,5	44,1	16,7	11,7
12	54,2	44,1	16,7	12,0
13	49,2	37,2	13,3	12,0
14	45,8	41,2	15,0	10,0
15	51,7	44,1	16,0	10,0
16	50,0	42,1	14,3	10,0
17	41,7	39,2	15,7	10,0
18	12,5	25,5	13,3	10,0
19	12,5	26,5	12,7	10,0
20	12,5	29,4	13,3	10,0
21	10,0	29,4	13,3	10,0
22	8,3	30,4	13,3	9,0
23	13,3	29,4	13,3	9,0
24	16,7	29,4	12,7	10,0
25	8,3	24,5	12,7	9,3
26	1,2	14,7	6,7	6,7
27	1,0	14,7	9,3	7,7
28	1,2	19,6	10,7	10,0
29	1,3	15,7	9,3	6,7
30	1,7	19,6	9,3	6,7
31	1,2	19,6	10,0	6,7
32	1,3	15,7	8,7	6,7
33	1,3	14,7	9,3	6,7
34	0,0	0,2	0,0	0,0
35	8,3	4,9	3,3	3,1
36	50,0	50,0	50,0	50,0
37	5,7	3,5	2,8	2,8
38	45,8	78,4	51,3	49,3
39	16,7	0,2	10,0	29,3
40	1,0	0,0	0,1	0,1

4 По экспериментальным данным (таблица 2) построил график зависимости радиуса мишени от дозы, для одного луча при разных глубинах. График представлен на рисунке 3.

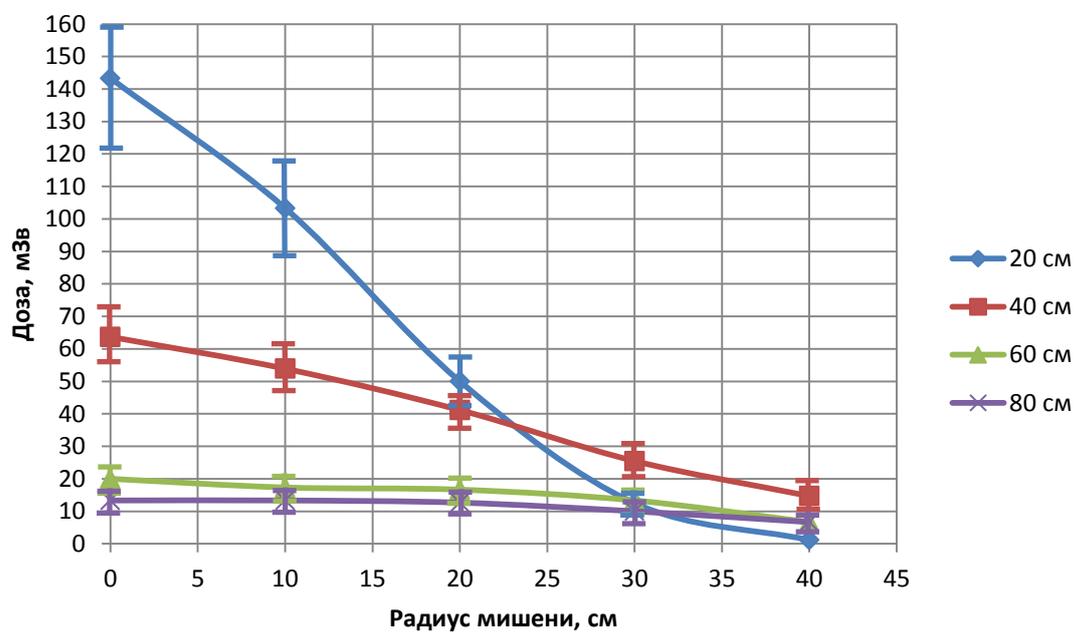


Рисунок 4 –Зависимость дозы от радиуса мишени для одного луча

5 Далее вводим сводный график (рисунок 4), для оценки симметричности поля тормозного рентгеновского излучения относительно оси конвертора.

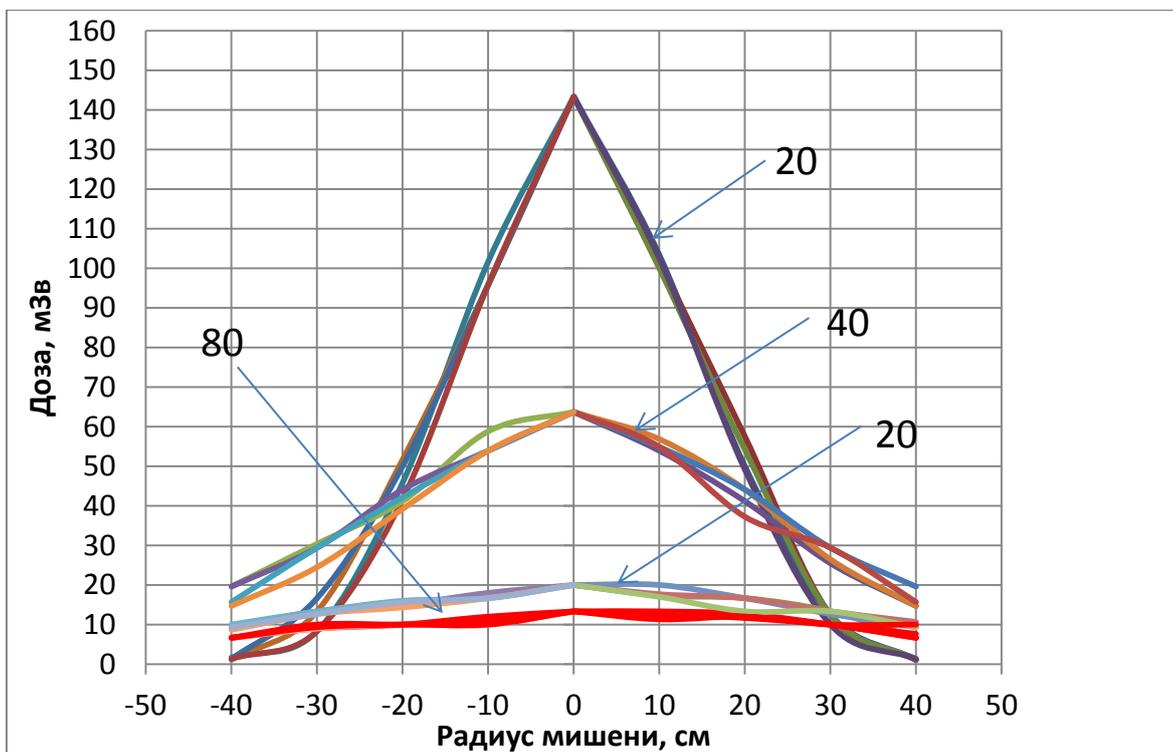


Рисунок 5 – Сводный суммарный график зависимости дозы от радиуса мишени для всех лучей

Из анализа сводного суммарного графика, можно сделать вывод, что распределение дозы от оси конвертора симметрично с погрешностью 10-15%.

Также для определения дозы в центре мишени при разных расстояниях от плоскости конвертора, построим график зависимости дозы от центральной точки плоскости конвертора (рисунок 4).

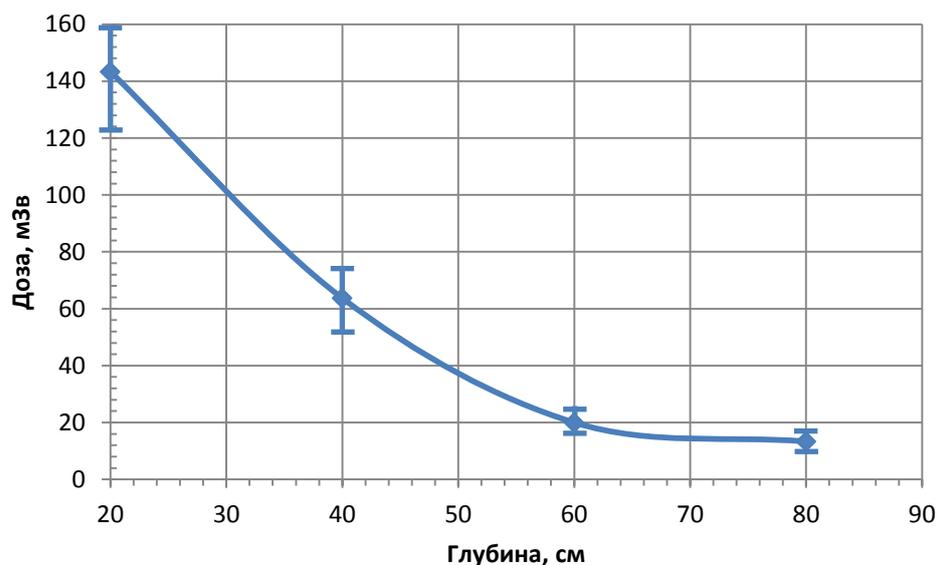


Рисунок 6 –Зависимость дозы от центральной точки плоскости конвертора дозы

3.2 Методика построения линий доз поля тормозного рентгеновского излучения

1 Методика построения линий доз поля тормозного рентгеновского излучения, состоит из следующих действий:

2 Задаемся дозой с определенным шагом, например 10 мЗв.

3 На графике (рисунок 3), смотрим, на каком радиусе кривые пересекают 10 мЗв.

4 Если кривая не пересекает заданную дозу, это значит что кривая уходит за пределы мишени. В этом случае кривая линий доз будет оборванной.

5 Для определения дозы в центре мишени, используем график зависимости глубины от дозы (рисунок 4). Например, задаемся дозой 50 мЗв. Судя, по графику, данной дозе соответствует глубина 46 см.

В итоге получается график (рисунок 5).

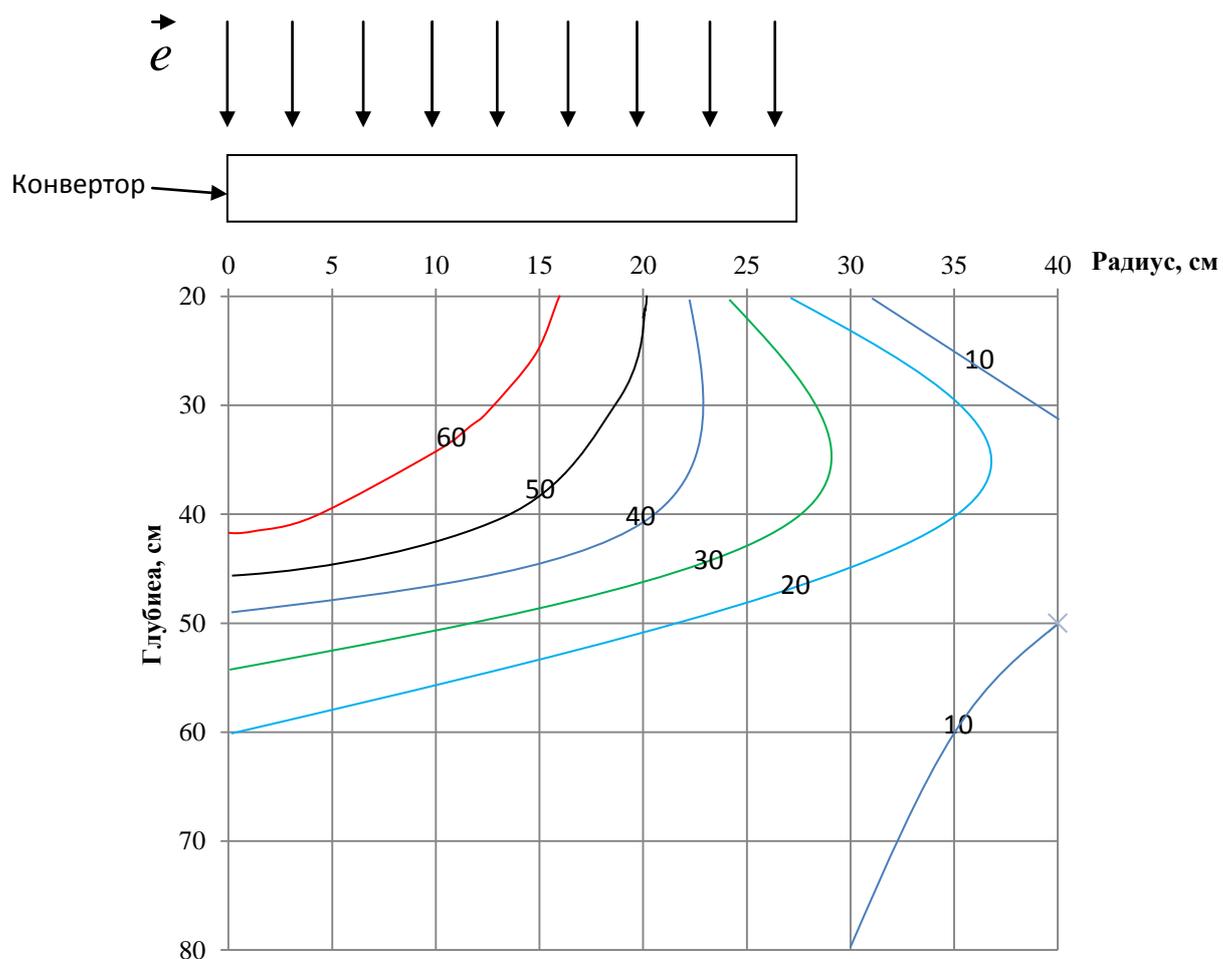


Рисунок 7 – Линии доз поля тормозного рентгеновского излучения

3.3 Восстановление объемной картины

Заключительным этапом данной работы является восстановление объемной картины. Восстановление объемной картины проводилось в программном комплексе SolidWorks по данным рисунка 7. Объемная картина представлена на рисунке 8.

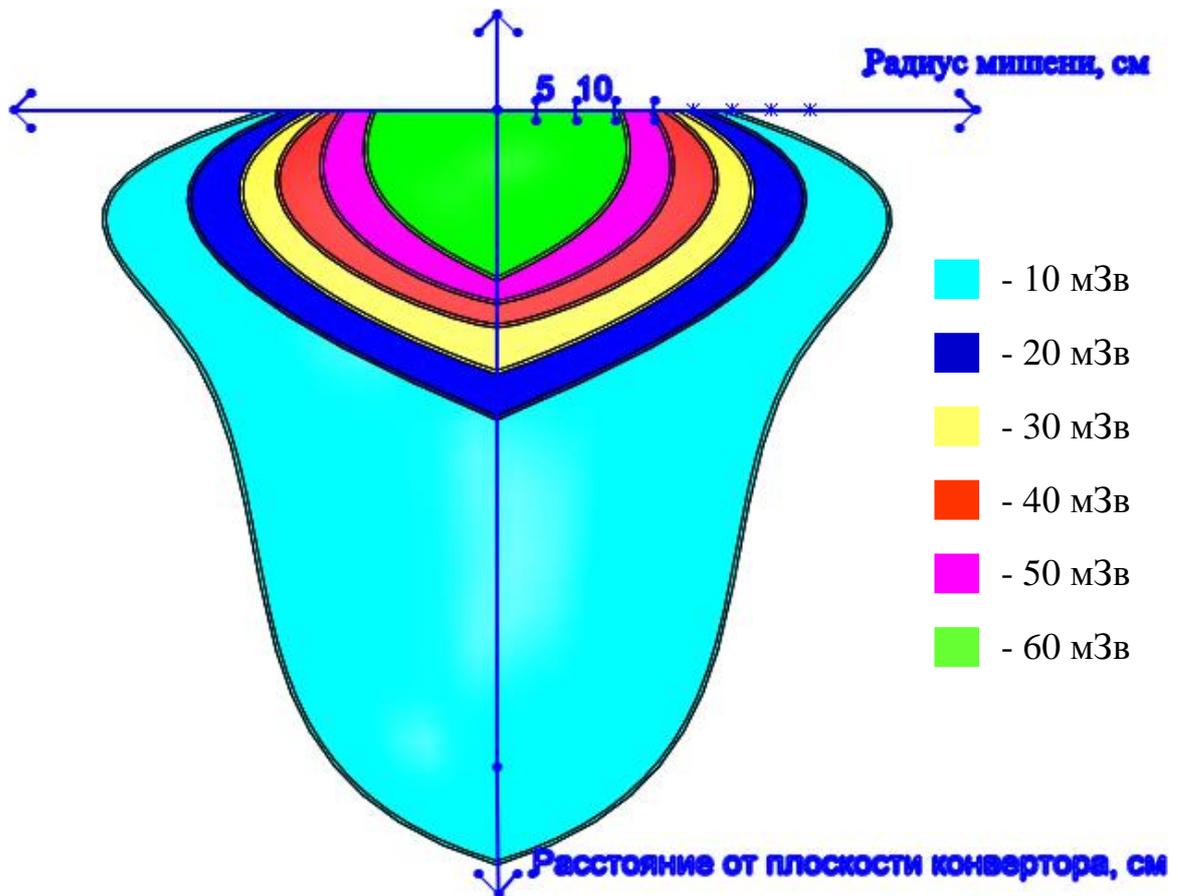


Рисунок 8 – Объемная картина поля

Из анализа данной картины следует что, для более однородного облучения больших по габаритам объектов следует в области 10 мЗв, в этой области облучаемый объект получит дозу в диапазоне 10-20 мЗв, для получения необходимой дозы требуется увеличить количество импульсов. Для облучения же мелких объектов возможно облучение в других областях, исходя из того, что какую дозу он должен получить.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4т31	Гунгаев Жамсо Цыренович

Институт	ИФВТ	Кафедра	НМНТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Высокотехнологические плазменные и энергетические установки

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Суммарные затраты на проведение научного исследования составили 399005 рублей
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Научно-исследовательская работа ранее не проводилась, поэтому нормы и нормативы расходования ресурсов отсутствуют
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Согласно п.3 п.п.16 ст. 149 НК РФ данная НИР не подлежит налогообложению. На основании п. 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году вводится пониженная ставка для расчета отчислений во внебюджетные фонды – (20 – 22) % от фонда оплаты труда.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	С позиции экологичности, ресурсоэффективности и ресурсосбережения генерация тормозного рентгеновского излучения ускорителем электронов является перспективной, так как по многим показателям превосходит конкурирующие технологии генерации рентгеновского излучения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	В ходе работы были рассчитаны все затраты на проведение исследования, эти результаты можно будет использовать для более грамотного формирования бюджета в будущем.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка экономической эффективности научно-технического исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4т31	Гунгаев Жамсо Цыренович		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

В настоящее время перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

4.1.1 Анализ потенциального рынка и потребителей

Потенциальными потребителями результатов исследования являются:

- медицинские центры;
- пищевые предприятия;
- различные транспортные компании;
- промышленные компании.

В медицинских центрах, рентгеновское излучение применяется в рентгенодиагностике и в рентгенотерапии, также в стерилизации медицинских изделий.

Ассортимент медицинских изделий, подвергаемых радиационной стерилизации, составляет более 80 видов и более 250 ассортиментных наименований.

Преимущества стерилизации рентгеновским излучением:

- высокая надежность по показателю уровня обеспечения стерильности;
- экологически чистый процесс;
- высокая производительность;
- наиболее полно проработанный комплекс нормативно-технической документации.

Глобальный рынок стерилизации медицинских изделий к 2020 году составит 5,8 млрд долларов США.

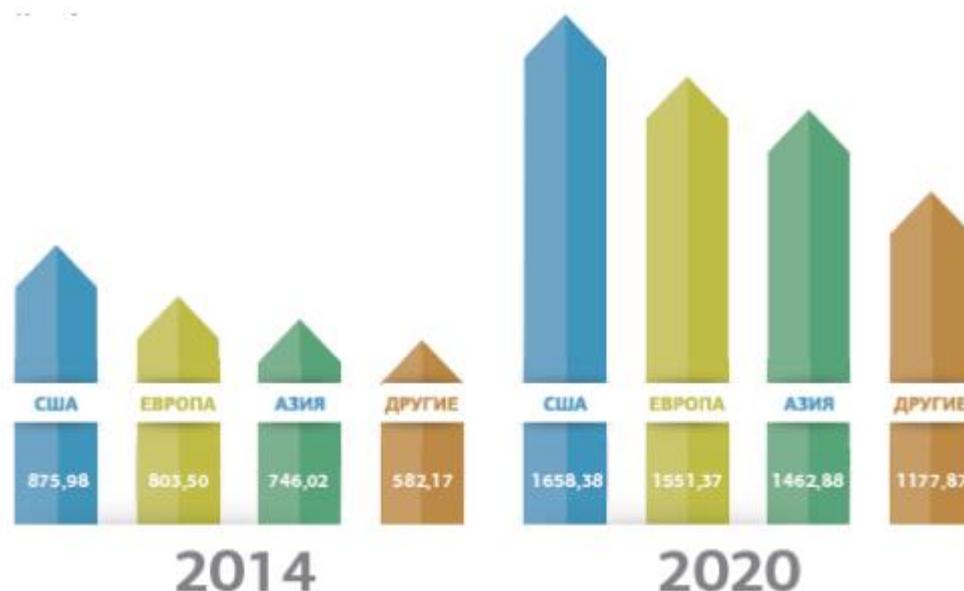


Рис 9 – Объем глобального рынка стерилизации медицинских изделий по регионам, млн долл. США

В пищевой промышленности, рентгеновское излучение применяется для облучения пищевых продуктов. Далее представлен объем рынка обработки пищевых продуктов по регионам.

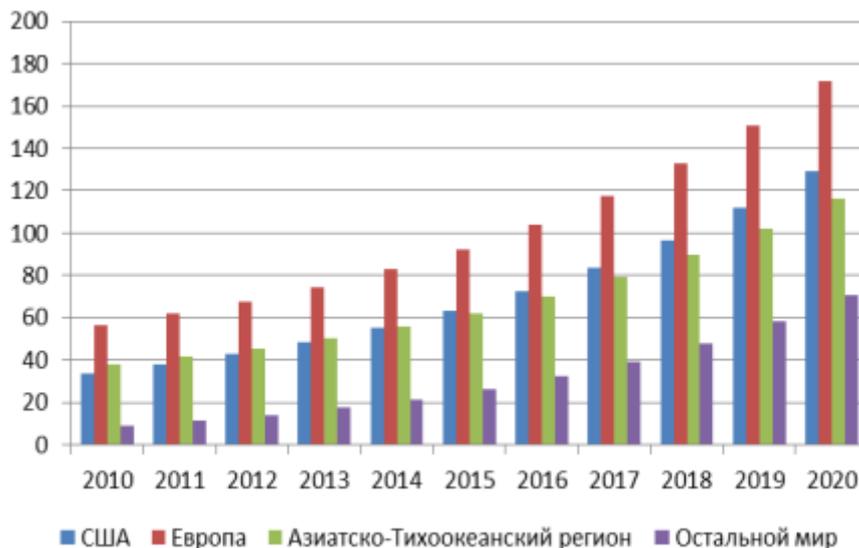


Рис 10 – Объем рынка стерилизации пищевых и с/х продуктов по регионам, млн долларов США

Глобальный рынок стерилизации продуктов рентгеновским излучением к 2020 году составит 488 млн долларов США. Объем рынка в

странах Азиатско-Тихоокеанского региона и остального мира в целом составит 187 млн долларов США.

Факторы роста облучения пищевых продуктов:

- рост рынков потребления;
- большое число пищевых отравлений;
- большие потери продукции;
- глобализация потребления и производства продуктов питания;
- экологичное потребление;

В транспортных компаниях, рентгеновское излучение применяется в досмотре транспортных средств, багажа и т.д.

Использование досмотровых систем:

- уменьшает рост терактов на транспорте, предотвращает незаконный оборот делящихся материалов, борется с наркотрафиком;
- уменьшает время досмотра в аэропорту;
- При соблюдении правил проектирования и эксплуатации безопасно для персонала и населения.

Далее представлен объем глобального рынка досмотровых систем по регионам.

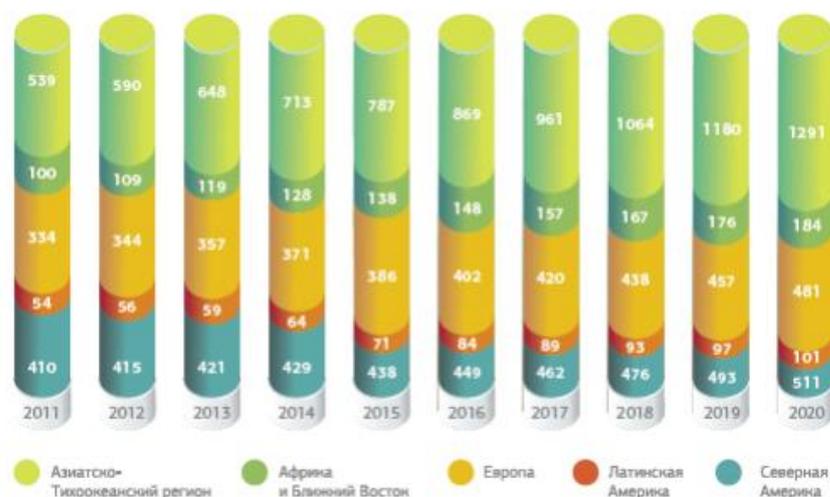


Рис 11 – Объем глобального рынка досмотровых систем по регионам, млн долл. США

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Цель анализа конкурирующих разработок, существующих на рынке, является определение конкурентоспособности разрабатываемого продукта или технологии.

Основной конкурирующей разработкой является генерация тормозного рентгеновского излучения радиоактивными изотопами.

Бф – технология генерации рентгеновского излучения ускорителем электронов;

Бк1 – технология генерации рентгеновского излучения радиоактивными изотопами;

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	$B_{\kappa 1}$	K_{ϕ}	$K_{\kappa 1}$
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Функциональная мощность	0,1	5	2	0,5	0,2
2. Энергосбережение	0,12	3	4	0,36	0,48
3. Удобство в эксплуатации	0,1	4	3	0,20	0,15
4. Надежность	0,08	5	4	0,40	0,32
5. Уровень шума	0,05	3	2	0,15	0,1
6. Затраты сырья	0,5	4	3	0,40	0,30
7. Экологичность производства	0,1	5	3	0,50	0,30
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,9	4	4	0,40	0,40
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	5	0,15	0,25
3. Цена	0,2	4	4	0,48	0,48
4. Финансирование научной разработки	0,1	3	3	0,24	0,24
5. Срок выхода на рынок	0,05	5	3	0,25	0,15
Итого	1	47	44	3,48	3,37

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i + B_i, \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Ускорители электронов обладают большей мощностью, обеспечивают большую производительность облучения, что позволяет встраивать их в заводской конвейер. Ускорители обеспечивают также более высокий КПД использования и более низкую стоимость излучения, в выключенном состоянии радиационно безопасны и экологичны.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Управляемость технологического процесса С4. Наличие бюджетного финансирования С5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки; Сл2. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемый при проведении научного исследования;</p>
<p>Возможности: В1. Сотрудничество с другими научными центрами В2. Финансирование зарубежных заказчиков В3. Появление дополнительного спроса</p>	
<p>Угрозы: У1. Потеря заказчиков и партнеров У2. Появление новых конкурентов</p>	

Второй этап. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта, описывающая связь сильных сторон проекта с возможностями представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4	C5
Возможности	V1	+	0	+	0	+
	V2	+	-	0	-	-
	V3	0	-	-	+	-
	V4	+	0	0	+	0

Третий этап. Составляется итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 6 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность технологии; С2. Экологичность технологии; С3. Управляемость технологического процесса С4. Наличие бюджетного финансирования С5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования; Сл2. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемый при проведении научного исследования;
Возможности: В1. Сотрудничество с другими научными центрами; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Повышение стоимости конкурентных разработок; В4. Финансирование зарубежных заказчиков.	Сотрудничество с другими научными центрами обеспечит усиление эффективности технологии, её простоты. Заявленная эффективность технологии и её сравнительный анализ с конкурирующими разработками обеспечит появление дополнительного спроса. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями привлечет дополнительное финансирование.	Сотрудничество с другими научными центрами поможет упростить технологию и уменьшит срок поставок материалов. Финансирование зарубежных заказчиков поможет решить отсутствие оборудования для более углубленного исследования.
Угрозы: У1. Появление новых конкурентов; У2. Прекращение финансирования.	Общий уровень рынка ускорителя электронов на данный момент не способствует появлению новых конкурентов. Заявленная экологичность и экономичность технологии, а также её улучшение будут способствовать финансированию.	Отсутствие оборудования для более углубленного исследования и отсутствие улучшения технологии может вызвать прекращение финансирования.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Данное исследование было проведено рабочей группой из двух человек: научный сотрудник лаборатории №1 ВЭСЭ (научный руководитель) и дипломник.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4	Составление календарного плана работ	Научный руководитель и дипломник
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Создание экспериментального стенда	Дипломник
	6	Разработка методики измерения дозы	Дипломник
	7	Разработка методики проведения эксперимента	Научный руководитель и дипломник
	8	Проведение измерений дозовых характеристик поля	Научный руководитель и дипломник
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ полученных экспериментальных данных и закономерностей	Научный руководитель и дипломник
	10	Написание ВКР, подготовка к защите	Дипломник
	11	Проверка ВКР и определение направления дальнейших исследований	Научный руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и определяется по формуле:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{макс}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожи}$ – 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.;

$t_{макс}$ – 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. Продолжительность выполняемых работ рассчитывается по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

Рассчитаем трудоемкость и продолжительность для каждого этапа выполненных работ:

1. Составление и утверждение технического задания.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 4}{5} = 2,2 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2,2}{1} = 2,2 \text{ раб.дн.}$$

2. Подбор и изучение материалов по теме.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 10 + 2 \cdot 14}{5} = 11,6 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{11,6}{1} = 11,6 \text{ раб.дн.}$$

3. Выбор направления исследований.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб.дн.}$$

4. Календарное планирование работ по теме.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ раб.дн.}$$

5. Создание экспериментального стенда.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 7}{5} = 4,6 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{4,6}{1} = 4,6 \text{ раб.дн.}$$

6. Разработка методики измерения дозы.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,2 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб.дн.}$$

7. Разработка методики проведения эксперимента.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 7}{5} = 5,2 \text{ чел. - дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{5,2}{2} = 2,6 \text{ раб.дн.}$$

8. Проведение измерений дозовых характеристик поля

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел. – дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{4,2}{2} = 2,1 \text{ раб.дн.}$$

9. Анализ полученных экспериментальных данных и закономерностей

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. – дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ раб.дн.}$$

10. Написание ВКР, подготовка к защите.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 20 + 2 \cdot 30}{5} = 24 \text{ чел. – дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{24}{1} = 24 \text{ раб.дн.}$$

11. Проверка ВКР.

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8 \text{ чел. – дн. ;}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{5,8}{1} = 5,8 \text{ раб.дн.}$$

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,2, \quad (5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитаем длительность каждого этапа выполнения работ в календарных днях:

1. Составление и утверждение технического задания.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,2 \cdot 1,2 = 3 \text{ кал.дн.}$$

2. Подбор и изучение материалов по теме.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 11,6 \cdot 1,2 = 14 \text{ кал.дн.}$$

3. Выбор направления исследований.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,2 = 2 \text{ кал.дн.}$$

4. Календарное планирование работ по теме.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 0,7 \cdot 1,2 = 1 \text{ кал.дн.}$$

5. Создание экспериментального стенда.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 4,6 \cdot 1,2 = 6 \text{ кал.дн.}$$

6. Разработка методики измерения дозы.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 3,2 \cdot 1,2 = 4 \text{ кал.дн.}$$

7. Разработка методики проведения эксперимента.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,6 \cdot 1,2 = 3 \text{ кал.дн.}$$

8. Проведение измерений дозовых характеристик поля

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,1 \cdot 1,2 = 3 \text{ кал.дн.}$$

9. Анализ полученных экспериментальных данных и закономерностей

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 0,9 \cdot 1,2 = 1 \text{ кал.дн.}$$

10. Написание ВКР, подготовка к защите.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 24 \cdot 1,2 = 29 \text{ кал.дн.}$$

11. Проверка ВКР.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 5,8 \cdot 1,2 = 7 \text{ кал.дн.}$$

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mini} , чел.-дн.	t_{maxi} , чел.-дн.	$t_{\text{ожi}}$, чел.-дн.			
1	1	4	2,2	Научный руководитель	2,2	3
2	10	14	11,6	Дипломник	1,6	14
3	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
4	1	2	1,4	Научный руководитель и дипломник	0,7	1
5	3	7	4,6	Дипломник	4,6	6
6	3	5	3,2	Дипломник	3,2	4
7	4	7	5,2	Научный руководитель и дипломник	2,6	3
8	3	6	4,2	Научный руководитель и дипломник	2,1	3
9	1	3	1,8	Научный руководитель и дипломник	0,9	1
10	20	30	24	Дипломник	24	29
11	5	7	5,8	Научный руководитель	5,8	7

Научный руководитель был занят в течение 20 календарных дней, дипломник 61 календарных дней

Таблица 9 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб.	Исполнители	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ												
			Февр.		Март			Апр.			Май			Июнь	
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Научный руководитель	3	■												
2	Дипломник	14		■	■	■									
3	Научный руководитель	2				■									
4	Научный руководитель и дипломник	1				■	■								
5	Дипломник	6					■								
6	Дипломник	4						■							
7	Научный руководитель и дипломник	3							■	■					
8	Научный руководитель и дипломник	3								■	■				
9	Научный руководитель и дипломник	1									■	■	■		
10	Дипломник	29												■	■
11	Научный руководитель	7													■

■ – дипломник
 ■ – руководитель

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

В процессе формирования бюджета НИИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НИИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расxi} , \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для исследования, представлены в таблице 8.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы Z_m , руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Баллон азота 50 л	л	1	1	1	1950	2100	2000	1950	2100	2000
Итого:								1950	2100	2000

4.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для проведения научных работ было приобретено специальное оборудование, представленное в таблице 9. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование работ	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс.руб.			Общая стоимость оборудования, тыс.руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Осциллографф	1	1	1	245	255	250	245	255	250
2	Комплект дозиметров	1	2	1	2	4,2	2,2	2	4,2	2,2
3	Персональный компьютер	1	1	1	40	40	40	40	40	40
Итого:								287	299,2	292,2

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{zn} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни;	54	54
– праздничные дни.	14	14
Потери рабочего времени		
– отпуск;	48	48
– невыходы по болезни.		
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p, \quad (10)$$

где Z_{mc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{mc});

k_o – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{mc});

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

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{mc} , руб.	k_{np}	k_o	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	21000	0,3	0,2	1,3	40950	1698	20	33960
Дипломник	7800	0,3	0,2	1,3	15210	630	61	38430
Итого $Z_{осн}$								72390

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн}, \quad (11)$$

где $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной заработной платы для научного руководителя (исполнение 1):

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 33960 = 4075,2 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы для дипломника (исполнение 1):

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 38430 = 4611,6 \text{ руб.}$$

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%.

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.			Отчисления во внебюджетные фонды, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	33960			4075	5094	4415	11411	11716	11513
Дипломник	38430			4612	5765	4996	12913	13259	13028
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	0,3								
Итого:							24324	24975	24541

4.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Самой весомой статьёй накладных расходов являются расходы на электроэнергию.

Расчет затрат на электроэнергию производится по формуле:

$$Z_{\text{нак}} = t_{\text{раб}} \cdot P \cdot C \quad (13)$$

Где $t_{\text{раб}}$ – время работы оборудования в часах; P – мощность оборудования в кВт; C – стоимость 1 кВт/час (3,1 руб).

Расчет затрат на электроэнергию.

Затраты на электроэнергию при использовании электронного ускорителя:

$$Z_{\text{нак}} = 6 \cdot 500 \cdot 3,1 = 9300 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию при использовании персонального компьютера:

$$Z_{\text{нак}} = 180 \cdot 1 \cdot 3,1 = 558 \text{ руб.}$$

Сумма затрат на электроэнергию составила 9858 руб.

4.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией

в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 13.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	1950	2100	2000	пункт 1.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	288000	299200	292200	пункт 1.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	72390	72390	72390	пункт 1.2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8687	10859	9411	пункт 1.2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24324	24975	24541	пункт 1.2.4.5
6. Накладные расходы	9858	9858	9858	пункт 1.2.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	399005	413178	404196	сумма ст. 1-5

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 13). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Исполнение 1:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{399005}{450000} = 0,89.$$

Исполнение 2:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{413178}{450000} = 0,92.$$

Исполнение 3:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{404196}{450000} = 0,9.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой параметр коэффициента	Исп 1.	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	4	3	2
2. Энергосбережение	0,1	3	3	3
3. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	2
4. Надежность	0,2	5	4	6
5. Затраты сырья	0,15	4	4	4
6. Экологичность производства	0,1	5	5	5
Итого	1	26	23	22

$$I_{p-исн1} = 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,4 ;$$

$$I_{p-исн2} = 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 3,75 ;$$

$$I_{p-исн3} = 0,25 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,2 \cdot 6 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 3,5 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{иснi}$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исн1} = \frac{I_{p-исн1}}{I_{финр}^{исн1}}, I_{исн2} = \frac{I_{p-исн2}}{I_{финр}^{исн2}} \text{ и т.д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}} . \quad (16)$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатель	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,89	0,92	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,75	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,94	4,08	3,89
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	–	1,21	1,05

Вывод: Анализ ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности показал, что проведение научного исследования было оправданно, и оно является оптимальным по исполнению, а технология генерации тормозного рентгеновского излучения электронным ускорителем по показателям эффективности превосходит конкурирующую технологию генерации тормозного рентгеновского излучения радиоактивными изотопами.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4т31	Гунгаев Жамсо Цыренович

Институт	ИФВТ	Кафедра	ВЭСЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Высокотехнологические плазменные и энергетические установки

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования является дозовая и геометрическая характеристика поля тормозного рентгеновского излучения. Источником излучения выступает импульсный электронный ускоритель. Рабочая зона – лабораторное помещение. Рентгеновское излучение применяется в медицине, в просвечивании различных материалов, в моделировании космических условий, в радиационной обработке биологических материалов.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>-повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; Оптимальные показатели достигаются за счет отопления и вентиляции;</p> <p>-повышенный уровень шума; Рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты: наушники, беруши;</p> <p>-недостаточная освещенность рабочей зоны; Необходимая освещенность достигается за счет искусственного освещения люминесцентными лампами;</p> <p>-повышенный уровень электромагнитных полей; Нормируется за счет экранирования помещения и возможностью управлять процессом дистанционно в экранированном помещении.</p> <p>-монотонность работы и физические нагрузки. Рекомендуется делать перерывы продолжительностью в 7% от рабочего времени</p>
--	--

	<p>-поражение электрическим током; Рекомендуется использовать основные и дополнительные средства защиты. Перед эксплуатацией произвести осмотр оборудования на наличие неисправностей. -механические опасности Предварительно проверить надежность конструкции, болтов и подвесных частей оборудования.</p>
2. Экологическая безопасность	-данная установка представляет опасность только внутри рабочего помещения.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	-наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Для предотвращения чрезвычайной ситуации требуется использовать исправное электрооборудование, проверить систему предохранителей и произвести осмотр на наличие неисправностей.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	-организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; -специальные правовые нормы трудового законодательства; -регулирование женского труда; -периодический медицинский осмотр.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ТЗ1	Гунгаев Жамсо Цыренович		

5 Социальная ответственность

Данный раздел посвящен обеспечению безопасных условий труда при генерации тормозного рентгеновского излучения. Генерация рентгеновского излучения заключается в следующем: электрон, ускоренный разностью потенциалов между катодом и анодом, подлетает к аноду и при попадании происходит торможение электрона. Большая часть энергии расходуется на нагрев анода и значительно меньше выделяется в виде жесткого электромагнитного излучения – тормозного рентгеновского излучения.

Рентгеновское излучение применяется: в медицине, в просвечивании различных материалов, в моделировании космических условий, в радиационной обработке биологических материалов.

5.1 Производственная безопасность

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные производственные факторы, которые возникают при генерации тормозного рентгеновского излучения. Научно-исследовательская работа выполнялась в лаборатории №1 в 11 корпусе, ТПУ. Рабочим местом являлась подземная лаборатория, поэтому работа в данной лаборатории и установкой связана с некоторыми вредными и опасными производственным факторами. Вредные и опасные производственные факторы прописаны в ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ “Опасные и вредные производственные факторы”.

5.1.1 Анализ вредных производственных факторов

1 Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в СанПин 2.2.4.548-98, в котором прописаны критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его

обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности. Соблюдение данных требований предотвращает вредное воздействие микроклимата рабочих мест, производственных помещений на работоспособность, самочувствие, функциональное состояние, здоровье человека [17].

Согласно СанПин 2.2.4.548-96 рабочее помещение относится к категории Ib, так как при исследовании не требуется заниматься тяжелым физическим трудом. Из этого следует, что в холодный период года оптимальные показатели микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 21-23 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,1 м/с. В теплый период года оптимальные показатели соответствуют следующим значениям: температура воздуха 22-24 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,1 м/с [18].

Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории достигаются за счет отопления и вентиляции.

2 Недостаточная освещенность рабочей зоны. Освещенность рабочей зоны устанавливается по СП 52.13330.2011. Данная работа относится к 4 разряду зрительной работы (средняя точность), к этому разряду соответствуют следующие нормированные значения освещенности: общее освещение 200 лк. Также нормируется коэффициент пульсаций, при 4 разряде зрительной работы, коэффициент пульсаций соответствует: общее освещение 20%. Недостаточная освещенность приводит к снижению зрительной работоспособности, усталости центральной нервной системы и т.д. Так как лаборатория находится под землей, необходимая освещенность достигается за счет искусственного освещения люминесцентными лампами [19].

3 Повышенный уровень шума на рабочем месте. Источником шума при генерации тормозного рентгеновского излучения является вакуумный насос, шумы при достижении электронов анода, трансформатор. Длительное

воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы. Уровень шума на рабочем месте регулируется СанПин 2.2.4/2.1.8.562-96. Далее представлены предельно допустимые нормы звукового давления [17].

Таблица 18 - Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
Творческая деятельность, научная деятельность, конструирование и проектирование в лаборатории	86	71	61	54	49	45	42

При работе рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты: наушники, заглушки.

4 Повышенный уровень электромагнитных полей. Радиация представляет собой серьезную угрозу для организма человека. Радиация может вызывать мутации клеток, лучевую болезнь, лейкозы, опухоли разных органов. Основные пределы доз регулируется СанПин 2.6.1.2523-0, суммарные годовые эффективные дозы облучения персонала и населения не должны превышать величин, регламентируемых НРБ-99/2009 (20 мЗв/год для персонала группы А, 5 мЗв/год для персонала группы Б и 1 мЗв/год для лиц из населения). Применяются для обеспечения безопасности человека во всех условиях воздействия на него ионизирующего излучения искусственного или

природного происхождения. Для защиты персонала от радиации выполняется ряд условий. Управление ускорителем проводится дистанционно, пульт управления находится в отдельном экранированном помещении. Само помещение тоже экранировано [21].

5 Физические нагрузки, умственное перенапряжение, монотонность труда устанавливаются Р2.2.2006-05. Необходимо учитывать физические динамические нагрузки рабочего за 8 часовую смену, подъем и перемещение тяжестей на расстояние от 1 метра с пола или с рабочей поверхности, стереотипные рабочие движения, рабочая поза, интеллектуальные нагрузки, сенсорные нагрузки, эмоциональные нагрузки и т.д. Для уменьшения влияния данных факторов рекомендуется делать перерывы продолжительностью в 7% от рабочего времени [17].

5.1.2 Анализ опасных производственных факторов

1 Поражением электрическим током (ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ, ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ). Источниками опасного фактора являются токопроводящие кабели, элементы электрооборудования.

Источниками опасного фактора являются токопроводящие кабели, элементы электрооборудования. Рекомендуется использовать основные и дополнительные средства защиты при эксплуатации электрооборудования. К основным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением выше 1000 Вольт относятся: изолирующие штанги всех видов; изолирующие клещи; указатели напряжения и др. К дополнительным изолирующим электротехническим средствам для электроустановок напряжением выше 1000 В относятся: диэлектрические перчатки и боты; диэлектрические ковры и изолирующие подставки; штанги для переноса и выравнивания потенциала. Корпуса всех электроустановок должны иметь заземление. Используются предохранители, автоматические выключатели, системы защиты от поражения электрическим током [17].

2 Механические опасности. Технологические принципы движущихся механизмов и машин регулируются ГОСТ Р 51333-99 “Безопасность машин. Основные понятия, общие принципы конструирования. Термины, технологические решения и технические условия”.

В данном случае опасность представляет самопроизвольное перемещение (падение) установки, в данном случае импульсный ускоритель электронов, в результате разрушения или ослабления приспособлений для его крепления;

Падение такой установки на человека может нанести серьезный урон здоровью человека, такие как ушибы, рваные раны, перелом костей. Предварительно проверить надежность конструкции, болтов и подвесных частей оборудования.

5.1.3 Экологическая безопасность

Рентгеновское излучение представляет опасность только для людей, работающих в данном помещении. Поэтому данная установка не опасна для окружающей среды [20].

5.1.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Причиной пожара может стать короткое замыкание, возгорание легко воспламеняющихся веществ, неосторожное обращение с огнем. Помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.[16]

Для предотвращения и ликвидации пожара здание оборудовано пожарной сигнализацией, пожарными кранами и шлангами, огнетушителями, во всех помещениях имеется план эвакуации, в коридорах указатели

движения к эвакуационному выходу. Также для предотвращения чрезвычайной ситуации требуется использовать исправное электрооборудование, проверить систему предохранителей и произвести осмотр на наличие неисправностей.

5.1.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и непосредственно сам руководитель в соответствии с Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знаний требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Данная работа относится к вредным условиям труда, т.к. присутствуют ионизирующие излучения. Регулирование рабочих процессов, выплат и предоставления дополнительных льгот работникам, занятым на вредных производствах, осуществляется статьями 219, 92, 117, 147 ТК РФ. В частности, в соответствии с требованиями, изложенными в ст.147 ТК РФ, в 2017 году сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях. Также работники, выполняющие трудовые функции под действием вредных факторов, вправе требовать [17]:

- сокращения рабочей недели
- предоставления ежегодного дополнительного отпуска на срок от 7 дней.

Организационные меры обеспечения безопасности

К работе на ускорителе допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, отнесенные приказом руководителя организации к категории персонала группы А, прошедшие

обучение по правилам работы на ускорителе и по радиационной безопасности, прошедшие инструктаж по радиационной безопасности.

Женщины должны освобождаться от работы на ускорителе, связанной с воздействием ионизирующих излучений, на весь период беременности и грудного вскармливания ребенка.

В рабочих помещениях запрещается принимать пищу, курить, пользоваться косметикой, хранить домашнюю одежду и обувь.

Периодические медицинские осмотры проводятся не реже 1 раза в год, в случае переоблучения сотрудника или в аварийных ситуациях медицинское обследование осуществляется по показаниям [21].

Цели периодических медицинских осмотров следующие:

- раннее распознавание и профилактика различных общесоматических заболеваний, в том числе препятствующих работе с источниками ионизирующих излучений;
- клиническая оценка общего состояния работающих различных профессиональных групп, необходимая для обоснованной системы лечебно-профилактических мероприятий и организации диспансерного наблюдения и рационального трудоустройства;
- своевременное выявление начальных отклонений профессионального характера, выбор и проведение необходимых, в основном профилактических, мероприятий, предотвращающих их прогрессирование.

На основании данных проведенного периодического медицинского осмотра намечают лечебно-профилактические и санитарно-гигиенические мероприятия. Лечебно-профилактические мероприятия включают [21]:

- диспансерное наблюдение за выделенной группой работников (или конкретно за 1 работником);
- рекомендации по поводу направления в санаторий, дом отдыха, профилакторий;
- рекомендации по поводу назначения диетического питания;

- указание о необходимости временного или постоянного изменения характера работы (с рекомендацией рационального трудоустройства); предоставления внеочередного отпуска;

- рекомендации по поводу режима труда и отдыха.

Целью санитарно-гигиенических мероприятий является улучшение условий труда на производстве.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Большинство работ производится в положении сидя, следовательно, необходимо обеспечить комфортное, безопасное для здоровья человека рабочее место. При этом нужно учитывать требования к размещению органов управления согласно ГОСТ22269-76, требования к размещению средств отображения информации. Рабочий стул должен обеспечивать поддержание физиологически рациональной рабочей позы оператора в процессе трудовой деятельности [21].

При размещении ускорителя II группы должно быть предусмотрено наличие горячего и холодного водоснабжения, душевой и места (помещения) для хранения и переодевания средств индивидуальной защиты, необходимых для проведения ремонтно-профилактических и аварийных работ. При размещении ускорителей с энергией ускоренных электронов более 25 МэВ должно быть дополнительно предусмотрено помещение для умывальника с локтевым или ножным включением воды [21].

Заключение

В ходе работы был проведен литературный обзор по источникам ионизирующих излучений, по методам измерения дозы, разработан измерительный стенд, для определения дозовых характеристик поля, разработана методика проведения эксперимента. По результатам полученных данных было построено 3 графика для восстановления объемной картины поля. По данным рисунков 4,5,6 были построены линии поля тормозного рентгеновского излучения и выяснено, что распределение поля тормозного рентгеновского излучения от оси конвертора симметрично с погрешностью 10-15%. Была восстановлена объемная картина поля. Полученная объемная картина предоставляет нам полную информацию о дозовых и геометрических характеристиках поля тормозного рентгеновского излучения: какая доза в определенной точке пространства, каких размеров должен быть облучаемый объект. В результате все поставленные задачи и цели были успешно выполнены.

Список использованных источников

- 1 А.К. Пикаев Современное состояние радиационной технологии / А.К. Пикаев // Успехи химии. – 1995. – № 6. – Т. 64. – С. 609-631.
- 2 П.Г.Власенко, В.В.Рожков Использование рентгеновского излучения для радиационных технологий / Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». – 2001. – № 4. – С. 133-136.
- 3 Н.С. Ермоленко, С.В. Ротарь Исследование работы сильноточного импульсного ускорителя в режиме генерации тормозного рентгеновского излучения // XIX Международный научно-практическая конференция «Современные техника и технологии» - Секция 8: Физические методы в науке и технике – С. 34-35.
- 4 Е.А. Абрамян. Промышленные ускорители электронов. – М.:«Энергоатом» 1986.
- 5 Б.П. Голубев Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений: // Учебник для вузов/Под ред. Е.Л.Столяровой – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат 1986. – 464 с.
- 6 В.И. Горбунов, Г.А.Куницын. Рентгеновское излучение // Уч. пособие – Томск: Изд-во ТПУ – 1977 – 72 с.
- 7 Г.В. Павлинский Основы физики рентгеновского излучения – Москва: Физматлит – 2007 – 240 с.
- 8 Коньков Н.Г. Радиационная технология и оборудование. // «Вопросы атомной науки и техники». Серия: «Радиационная техника». – М.: «Энергоатомиздат» 1985 – вып. 2(30) – с. 3-12.
- 9 K.Votsumoto, H.Sunaga, S.Tanaka Progress in radiation. proceding // Radiation Phys. and Chem. 1988 – v.31 – p.363-368.
- 10 А.М. Кабакчи, Я.И.Лаврентович, В.В.Пеньковский. Химическая дозиметрия ионизирующих излучений. // Изд-во АН УССР – Киев – 1963.

11 М.А. Тумамян, Д.А.Каушанский. Радиационная стерилизация, Медицина – Москва – 1974.

12 Е.С. Перцовский, Э.В. Сахаров, В.А. Долинин. Применение радионуклидов и излучений в пищевой промышленности. – М.: «Атомиздат» 1980.

13 Анализ приоритетных экспортных рынков применения радиационных технологий [Электронный ресурс] // Радиационные технологии Взгляд из России – Режим доступа: http://dubna-oez.ru/images/data/gallery/207_6519__PRIORITETNIH_EKSPORTNIH_RINKOV_PRIMENENIYA_RADIATIONNIH_TEHNOLOGIY.pdf (дата обращения: 19.04.2017)

14 Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. // Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" – № 7. – 2002 г.

15 Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004.

16 Нэреш К. Малхотра. Маркетинговые исследования. Практическое руководство Marketing Research: an applied orientation. — 4-е изд. — М.: Вильямс, 2006.

17 А.М. Козлитин, Б.Н. Яковлев. Чрезвычайные ситуации техногенного характера: Учеб. / Под. ред. А.И. Попова. – Саратов: Сар. гос. тех. ун-т, 2000.

18 Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/ Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010.

19 СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL:

<http://docs.cntd.ru/document/901704046>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.06.2017).

20 СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/871001026>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.06.2017).

21 ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.06.2017).

22 Методические указания МУ 2.6.1.2117-06 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ // Ионизирующее излучение, радиационная безопасность – М.2006 – с.45