

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

Физико-технический институт
Направление подготовки - физика
Кафедра общей физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
РАСЧЕТ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПЛЕНКАХ ПОЛИВИНИЛИДЕНФТОРИДА ПРИ ЗАДАННЫХ ПАРАМЕТРАХ ПУЧКОВ
УДК 539.16.04.074:678.743.41

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Чжан Юй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Дуброва Наталья Александровна	Ассистент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Кандидат философских наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	к. т. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой общей физики	Лидер Андрей Маркович	к.ф.-м.н.		

Томск – 2017 г.

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

Физико-технический институт
 Направление подготовки (специальность) - физика
 Кафедра общей физики

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Лидер А.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
--

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Чжан Юй

Тема работы:

Расчет поглощенной дозы ионизирующего излучения в пленках поливинилиденфторида при заданных параметрах пучков

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является расчет поглощенной дозы ионизирующего излучения в пленках поливинилиденфторида (ПВДФ) при заданных параметрах пучках.</p>				
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ·-Обзор литератур по основам взаимодействию и ионизирующего излучения с веществом, короткое описание по низкотемпературным топливным элементам и протон-проводящим мембранам; ·-Рассчитать пробеги, потерянные энергии, и флюенсы ионизирующего излучения α- частиц и протонов в пленках ПВДФ при заданных параметрах пучках; ·-Рассчитать поглощенную дозу α- частиц и протонов в пленках ПВДФ при заданных параметрах пучках и создать рисунки зависимость поглощенной доз от времени; ·-Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение; ·-Социальная ответственность; 				
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%; text-align: center;">Раздел</th> <th style="width: 60%; text-align: center;">Консультант</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Раздел	Консультант		
Раздел	Консультант				

Социальная ответственность	Волков Юрий Викторович, доцент ЭБЖ ИНК
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Меньшикова Екатерина Валентиновна, доцент МЕН ИСГТ
Иностранный язык	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОФ ФТИ	Дуброва Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Чжан Юй		

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

Студенту:

Группа	ФИО
150Б30	Чжан Юй

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Знакомство с системой налогообложения, со ставками налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей</i>

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	06.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Екатерина Валентиновна	Кандидат философских наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Чжан Юй		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 150Б30	ФИО Чжан Юй
------------------	----------------

Институт	Физико-технический	Кафедра	Общей физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	03.03.02 Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>1. При работе на ускорителях циклотрона и СГЭ на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Микроклимат; - Шум - Освещение - Ионизирующие излучение.
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке ускорители; - инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В; <p>Микроклимат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении; - ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; <p>СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p> <p>Шум:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СанПин 2.2.1/ 2.1.1.1278.03 Гигиенические требования к естественному и совмещенному освещению жилья и общественных зданий - СНиП 23-05-95 характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона <p>Пожар:</p> <ul style="list-style-type: none"> - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; - ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ; - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой</i></p>	<p>1. Техногенная безопасность:</p>

<p><i>производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов и методы защиты: а) отклонение показателей микроклимата в помещении; б) превышение уровней шума; в) превышение уровней электромагнитных и ионизирующих излучений; г) недостаточная освещенность рабочей зоны. Анализ микроклимата 1.2. Анализ выявленных опасных факторов и методы защиты: электрический ток.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожар взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>2. Региональная безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - методы решения.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>3. Организационные мероприятия обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - расположение и компоновка рабочего места; - инструментальная подготовка; - контроль оборудования; - организация рабочего места
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>4. Особенности законодательного регулирования проектных решений.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: -средства избежание опасности пожара и взрыва; план эвакуации людей</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p><i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i></p>	<p>1.Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	<p>06.03.2017</p>
--	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б30	Чжан Юй		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 80 с, 14 рисунков, 20 таблиц, 30 литературных источника.

Ключевые слова: Поливинилиденфторид(ПВДФ), пробег, потерянная энергия, флюенс, поглощенная доза, протон-проводящая мембрана.

Объектом исследований являлись расчеты поглощенной доз в пленках поливинилиденфторид(ПВДФ) при облучении пучках α -частиц и протонов. Толщина ПВДФ 20мкм. Полимерный материал ПВДФ часто используется для создания протон-проводящих мембран низкотемпературных топливных элементов. Радиационные химические технологии позволяют получить пленки ПВДФ с новыми и улучшенными свойствами. Поглощённая доза является важной величиной, которая влияет на результаты прививки. Полученные зависимости необходимы при проведении экспериментальных работ по облучению пленок ПВДФ на ускорителях с параметрами пучка, используемых при расчетах, представленных в работе.

Целью работы является расчет поглощенной доз α -частиц и протонов в пленке ПВДФ при заданных параметрах пучка.

В первой главе описан теоретический обзор описания взаимодействия заряженных частиц (α -частиц и протонов) с веществом.

Во второй главе описаны топливный элемент и протон-проводящие мембраны.

Во второй главе описан расчет поглощенной доз в пленках ПВДФ толщиной 20мкм при облучении α -частиц и протонов.

В четвертой главе описан финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение данной работы.

В пятой главе описана социальная часть проведенного исследования.

Область применения: результаты работы могут быть применены в технологии изменении структуры поливинилиденфторид при облучении

пучками α -частиц и протонов, с целью придания полимеру новых механических и физико-химических свойств.

Оглавление

Введение	12
1 Основы взаимодействия заряженных частиц с веществом	13
1.1 Потеря энергии тяжелых заряженных частиц на вещества	13
1.2 Пробег заряженных частиц в веществе	16
1.3 Рассеяния тяжелых заряженных частиц в мишени	18
1.4 Поглощённая доза и флюенсы заряженных частиц	22
2 Низкотемпературный топливный элемент с полимерной протон-проводящей мембраной	24
2.1 Низкотемпературный топливный элемент	24
2.2 Полимерные протон-проводящие мембраны	26
3 Расчет поглощенной доз в пленках ПВДФ	29
3.1 Расчёт поглощенной доз в пленках ПВДФ при облучении их пучком α -частиц	29
3.2 Расчёт поглощенной доз в пленках ПВДФ при облучении их пучком протонов	40
Заключение	51
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.2 Анализ конкурентных технических решений	52
4.3 SWOT-анализ	54
4.4 Планирование этапов и выполнение работ	56

4.4.1	Планирование этапов работ	56
4.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ	58
4.2.3	Построение графика работ	61
4.2.4	Бюджет научно-технического исследования(НТИ)	63
4.2.5	Расчет материальных затрат НТИ	63
4.2.6	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	65
4.2.7	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	66
4.2.8	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	67
4.2.9	Накладные расходы	68
4.2.10	Формирование бюджет затрат НТИ	69
	Вывод	69
5	Социальная часть	70
5.1	Техногенная безопасность	70
5.2	Региональная безопасность	72
5.3	Организационные мероприятия обеспечения безопасности	72
5.4	Особенности законодательного регулирования проектных решении	73
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	74
	Вывод	77
	Список использованных источников	78

Введение

Полимерные протон-проводящие мембраны являются основным компонентом низкотемпературных топливных элементов, которые обеспечивают высокую эффективность за счет предварительного образования химических связей в электрическую энергию.

Для создания мембран топливных элементов используются радиационно-химические технологии, которые позволяют получить полимерные мембраны с новыми улучшенными свойствами. В качестве модифицируемого материала часто используется коммерчески доступный поливинилиденфторид (ПВДФ).

При радиационно-химической модификации пленок используются различные виды ионизирующего излучения. Конечный результат зависит в большей степени не от вида излучения, а от поглощенной дозы излучения. Поэтому точный и правильный расчет поглощенных доз, с учетом всех параметров и особенностей материала и энергетического пучка частиц очень важен в этой области науки.

Данная работа посвящена процессам взаимодействия ионизирующего излучения α -частиц и протонов с пленками ПВДФ. Исходя из вышесказанного, целью работы являлось расчет поглощенной доз в пленках ПВДФ пучков α -частиц и протонов при заданных параметрах пучков. Для этого были сформулированы следующие задачи:

1. Расчет флюенса и потерянной энергии α -частиц и протонов в пленках ПВДФ толщиной 20 мкм при заданных параметрах пучков.
2. Расчет поглощенной доз излучения α -частиц и протонов в пленках ПВДФ толщиной 20 мкм заданных параметрах пучков.
3. Расчет пробегов α -частиц и протонов в пленках ПВДФ толщиной 20 мкм при заданных параметрах пучков;

1 Основы взаимодействия заряженных частиц с веществом

1.1 Потеря энергии тяжелых заряженных частиц на вещества

Заряженные частицы, двигаясь в веществе с достаточной большой скоростью, воздействуют на атомы вещества, выбивая из них электроны или переводя атомы в возбужденное состояние. При этом энергия заряженной частицы уменьшается. Количественной характеристикой потерь энергии заряженной частицы является величина (dE/dx) , называемая потерянной энергии. Эта величина может рассчитаться с помощью формулой Бете-Блоха[1]:

$$\left(-\frac{dE}{dx}\right) = \frac{4\pi Z_1 2e^4}{m_e v^2} \frac{Z_2}{A} N_A \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I^*}\right), \quad (1)$$

где m - масса электрона, Z и A - атомный номер и атомная масса материала мишени, соответственно, ρ - плотность материала, c - скорость света.

Здесь величина I^* -средняя энергия возбуждения атомов среды.

I^* можно вычислить с помощью следующих эмпирических соотношении [2]:

$$\begin{aligned} I^*(Z_2) &= 52.8 + 8.71 Z_2 \quad Z_2 > 13 \\ &11.2 + 11.72 * Z_2 Z_2 \quad Z_2 \leq 13 \end{aligned} \quad (2)$$

В классической механике, электроны в атомах вещества получают энергию $2mv^2$ при столкновении с тяжелыми заряженными частицами. Для тяжелых заряженных частиц более точный вывод выражения для тормозной способности может быть получен с помощью последовательных учетов квантовых эффектов, при этом если скорость налетающей частицы сравнима со скоростью света, надо учитывать релятивистские эффекты. Формула массовой тормозной способности для тяжёлых частиц с учетом релятивистских эффектов и дополнительных поправок имеет такой вид [2]:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi N_A r_e^2 Z_1^2 Z_2}{\beta^2 A} m_e c^2 \left[\ln \left(\frac{2m_e c^2}{I^*} \frac{\beta_2}{1-\beta_2} \right) - \beta^2 - \frac{C}{Z_2} - \delta \right] \quad (3)$$

Эта формула называется формулой Бете-Блоха. Здесь $\beta=v/c$, поправка C/Z_2 -поправка на эффект оболочки, которой является суммой составляющих для различных оболочек атома.

$$\frac{C}{Z_2} = \frac{C_k}{Z_2} + \frac{C_L}{Z_2} + \dots \quad (4)$$

где $C = qte^{-rt}$, $t=0,24975(Z_2-0,3)^2/E$. Для коэффициенты q и r разных оболочках отличаются.

δ учитывает эффект поляризации среды. Без учета этой поправки с ростом энергии ионизационные потери частицы сначала уменьшаются ($1/v^2$), по мере приближения скорости частицы к скорости света это происходит все медленнее, так как $\beta \rightarrow 1$. Поэтому потери энергии можно рассчитать, используя следующее выражение:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi z^2 e^4}{mv^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln \frac{2mv^2}{I(1-v^2/c^2)} \quad (5)$$

Из представленного выражения видно[3]:

1. Количество потерянной энергии не зависят от массы частиц.
2. Любые частицы обладают одинаковой скоростью.
3. Потерянная энергия пропорциональна квадрату заряда частиц $(ze)^2$.
Функция скорости v для всех частиц имеет одинаковую зависимости. Функция изменяется как $1/v^2$ в области малых скоростей $v \ll c$. по мере замедления нерелятивистской частицы её тормозная способность резко увеличивается. С увеличением v функция может достигать (при $\gamma = 1/\sqrt{1-(v/c)^2} \sim 3 \div 4$) минимума. При дальнейшем росте γ , потери энергии

медленно растут.

4. Формула не может быть точной, так как при малых скоростях $v \geq 0$ выражение стремится к бесконечности. На самом деле в этом случае надо учесть связи электронов в атомах, которые заключаются в том, что по мере уменьшения скорости частицы она не сможет передать энергию сначала электронам К-оболочки атома (с наибольшей энергией связи), затем L-оболочки и т.д.

Если заряженные частицы движутся в среде, которая состоит из атомов различных элементов, то тормозная способность этой среды может определяться с помощью закона Брэгга. Для вещества, представляющего собой химическое соединение $A_m B_n$ из различных атомов А и В, его тормозная способность выполняется в соответствии с массами из тормозных способностей составляющих его химических элементов [2]:

$$-\left(\frac{dE}{dx}\right)_{A_mB_n} = m\left(-\frac{dE}{dx}\right)_A + n\left(-\frac{dE}{dx}\right)_B \quad (6)$$

α - частицы, протоны и другие частицы с массой, много большей массы электрона, движутся как тяжелые частицы, сохраняя направление первоначального движения. Многократное рассеяние приводит к малым отклонениям от первоначального направления движения, вследствие чего глубина проникновения в мишень меньше среднего пробега частиц в веществе мишени.

Число частиц при этом остается постоянным, пока вся энергия частиц не будет израсходована на ионизацию и возбуждение атомов мишени. Из-за флуктуации потерь энергии не у всех частиц энергия закончится на одной и той же глубине, в результате чего будет наблюдаться разброс по пробегам частиц в мишени.

Для частиц с разными начальными энергиями, зависимость потерянной энергии частиц от глубины проникновения имеет зависимость, представленную на рисунке 1. Эта кривая называется кривой Брэгга. [4].

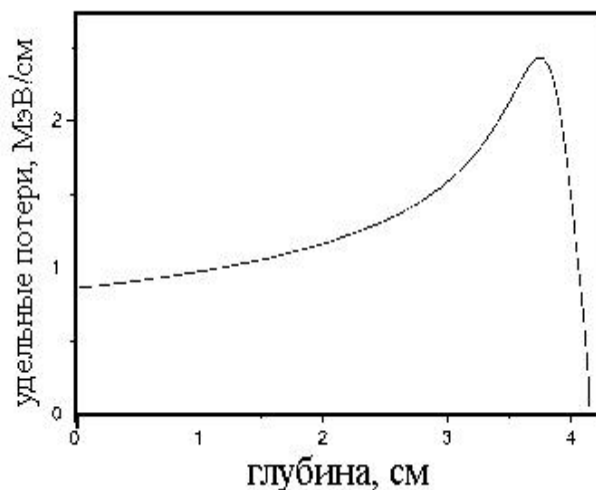


Рисунок 1-Кривая Брэгга для α -частиц в воздухе

1.2 Пробеги заряженных частиц в веществе

При движении в веществе частицы теряют свою энергию очень малыми порциями при столкновении с электронами атомов вещества, в следствии чего торможение можно считать непрерывным. В результате этого процесса частица полностью теряет свою энергию и прекращает движение. Длину пути, пройденную в веществе частицей, называют пробегом R . Величина его определяется удельными потерями энергии в веществе. В тонком слое Δx (т.е. потери энергии частицы можно считать постоянными) потери энергии ΔE будут равны [5]:

$$\Delta E = \left(\frac{dE}{dx}\right)\Delta x \quad (7)$$

Перейдя в формуле к бесконечно малым величинам и проинтегрировав, получим выражение для пробега:

$$R = \int_0^{T_0} \frac{dE}{\frac{dE}{dx}} \quad (8)$$

где T_0 - начальная кинетическая энергия частицы. Здесь dE/dx , это тормозная способность на столкновения для тяжелых заряженных частиц. Когда флуктуация потерь энергии частицы не учитываются, а средний диапазон

пробега соответствует средней длине пути, пройденной пучком частиц с одной начальной кинетической энергией в веществе, путем остановки. Легко получить вывод, что пробег тяжелых заряженных частиц определяется потерянной энергией. Чем больше плотность заряда частицы и электронов в атомах, тем выше количество потерянной энергии и тем меньше пробег частицы в веществе. Заряженные тяжелые частицы, которые взаимодействуют с электронами атомов, мало отклоняются от направления своего первоначального движения, т.е. треки частиц будут прямолинейными.

Взаимодействие заряженных частиц с атомными электронами носит вероятностный характер, случайны как число столкновений, так и величина энергии, переданная в столкновении. Поэтому пробеги отдельных частиц пучка отличаются друг от друга (разброс пробегов). Величина R , рассчитанная по формуле (8) является величиной, определяющей средний путь, пройденный частицей.

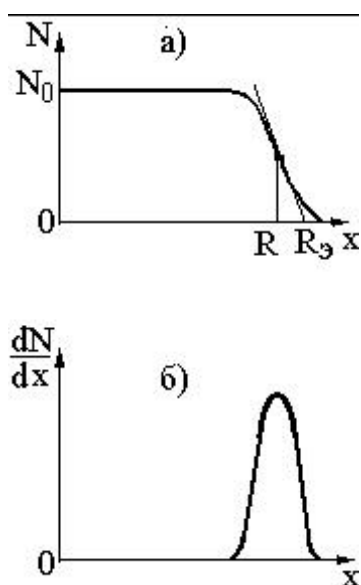


Рисунок 2- Кривые ослабления и поглощения.

С учетом флуктуации потери энергии, не все заряженные частицы остановятся на одной глубине при движении в веществе. На рисунок 2 (а) представлена зависимость числа заряженных частиц от их пробега в веществе, а на рисунок 2(б) представлено распределение заряженных частиц по пробегам.

На практике, кроме истинного и среднего пробегов, использует еще две величины, характеризующие заряженные частицы, называемые максимальным пробегом R_{\max} и экстраполированным пробегом R_a . Максимальный пробег R_{\max} много энергетических частиц, определяется минимальной толщиной слоя вещества, из которой ни одна из падающих частиц не падает нормально на вещества. R_{\max} всегда меньше среднего пробега [6].

$$R_{\alpha} = aE_{\alpha}^n \quad (9)$$

Где R_{α} — пробег, см; E_{α}^n — кинетическая энергия α -частиц, МэВ, n — безразмерный коэффициент, установленный эмпирическим путем.

Для протонов, $a=1,82$, $n = 1.8$. Для α - частиц, движется с энергии ($4 < E_{\alpha} < 9$ МэВ), $a=0.318$, $n = 1.5$. Для α - частиц с энергии ($9 \leq E_{\alpha} \leq 200$ МэВ) $a = 0.148$, $n = 1.8$. Для α - частиц с более высокими энергиями $E_{\alpha} \geq 200$ (МэВ) $a = 1,82$, $n = 1.8$.

Например, для α - частицы с начальной энергии $E_{\alpha}=5$ МэВ, пробег в воздухе равен 3.51 см.

Для двух типов частиц, которые движутся в воздухе с одинаковым начальным скоростями, отношение линейных пробегов пропорционально отношению удельных потерь энергии частиц:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{M_1}{M_2} \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^2 \quad (10)$$

1.3 Рассеяние тяжелых заряженных частиц в мишени

При взаимодействии с веществом, заряженные частицы претерпевают рассеяния, которые можно разделить на два вида: упругие и неупругие.

К упругим взаимодействиям относятся взаимодействия, в результате которых сумма кинетических энергий взаимодействующих частиц до и после взаимодействия сохраняется постоянной.

В классической механике для частиц, действующих в поле силового центра результат рассеяния полностью определяется их прицельным параметром и начальными скоростями, которые являются функцией траекторий частиц. В квантовой механике понятие траектории становится бессмысленным и решение задачи о рассеянии состоит в вычислении дифференциального сечения взаимодействия.

Дифференциальное сечение рассеяния определяется выражением (11) [7]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{\Phi} \frac{dN_s(\vec{\Omega})}{d\Omega} \quad (11)$$

Эта формула характеризует распределение рассеянных заряженных тяжелых частиц по направлениям движения после рассеяния. Здесь σ -сечение рассеяния. $\vec{\Omega}$ -единичные векторы, соответственно, направления частицы до и после столкновения. N_s -число частиц, попавших в интеграл Ω . Φ -плотность потока.

Если записать как $d\Omega = dN_s / dS$, $\Phi = hk/\mu$ (по уравнению Шредингера), Получен формулу для дифференциального сечения рассеяния[8]:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta)|^2 \quad (12)$$

Где функция $f(\theta)$ характеризует распределение частиц, исходящих из начала координат (центр рассеяния) по направлениям. Эта функция называется амплитудой рассеяния.

Масса налетающей частицы по сравнению с массой атома и смещением атома в результате взаимодействия мала и поэтому ей можно пренебречь. Формула 13, позволяет рассчитать атомный фактор рассеяния. Он зависит от пространственного распределения электроны в атоме.

$$f(\theta) = -\frac{Z_1 e^2}{4E} \frac{1}{\sin^4 \theta/2} |Z_2 - F(q)|$$

$$F(q) = \int n(r) e^{i\vec{q}\cdot\vec{r}} dV = 4\pi \int_0^\infty \frac{\sin(qr)}{qr} n(r) r^2 dr \quad (13)$$

Формула (13) называется фактором рассеяния атомов. Он определяется пространственным распределением электронов в атомах. А затем и для дифференциального сечения упругого рассеяния:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{Z_1 e^2}{4E} \frac{1}{\sin^4 \theta/2} \left| 1 - \frac{1}{Z_2} F(q) \right|^2 \quad (14)$$

Где E-это начальная кинетическая энергия частицы с приведенной массой μ в СЦИ, θ -её угол рассеяния в этой системе координата.

При рассеянии быстрых заряженных тяжелых частиц на большие углы, что соответствует небольшим прицельным параметрам, $F(q) = 0$ и формула (14) превращается в формулу Резерфорда, описывающую рассеяние частицы с зарядом Z_1 на точечном ядре с зарядом Z_2 . При рассеянии с малым прицельным параметром рассеивается только ядро, и налетающая частица не взаимодействует с электронными оболочками атомов. В этом случае угловое распределение рассеянных частиц сильно вытягивает вдоль направления падающих частиц. Наоборот, при больших прицельных параметрах, соответствующим малым углам рассеяния, поле ядра сильно экранируется полем атомных электронов ($Z_2 - F(q) - 0$) и сечение оказывается существенно меньше резерфордовского.

Среднее число упругих столкновений частицы на единице пути можно оценить, используя полное макроскопическое сечение упругого рассеяния:

$$\sum_s = n_0 \sigma_s \quad (15)$$

Здесь $\sigma_s = \int_{4\pi} \frac{d\sigma}{d\Omega} d\Omega$

В замедлении частиц неупругие взаимодействия заряженных частиц с атомами среды играют основную роль. При неупругих столкновениях с атомами, заряженная частица может быть передана энергия, достаточная для перехода атома из основного энергетического состояния в состояние с большей энергией. Всякое состояние атома, кроме основного, называется возбужденным состоянием. Оно характеризует определение количества энергии, которую атом получает при переходе из основного состояния в возбужденное состояние.

Выполним расчёт сечения ионизации атома заряженной частицей в квазиклассическом приближении: Движение налетающей частицы будем описывать классическим образом, а для атомных электронов воспользуемся квантовой механикой.

Обозначим через I -энергию ионизации атома, которая равна работе, которую надо затратить, чтобы удалить электроны из атома. Для энергии Q , переданной заряженной частицей атому, если $Q < I$, то неупругое рассеяние не происходит, если $Q > I$, то имеет место ионизация атома.

Сечение рассеяния можно рассчитать, воспользовавшись формулой Резерфорда для дифференциального по переданной энергии:

$$\frac{d\sigma}{dQ} = \frac{\pi Z_1^2 e^4 m_1}{m_e E} * \frac{m_1}{m_e} \quad (16)$$

Рассмотрен энергию заряженных частиц. Полное микроскопическое сечение ионизации атомов можно записать в виде суммы сечений, которые относятся к отдельным электронам. Если пренебречь взаимодействием между электронами, для которых максимальная передаваемая энергия Q_{\max} больше, чем максимальная энергия связи, то получаем:

$$\sigma_{\text{in}} = \sum_{i=1}^{Z_2} \int_{I_i}^{Q_{\max}} \frac{d\sigma}{dQ} dQ = \frac{\pi Z_1^2 Z_2 e^4}{E} * \frac{m_1}{m_2} \left(\frac{1}{I^*} - \frac{1}{Q_{\max}} \right) \quad (17)$$

Макроскопическое сечение ионизации $\sum_s = n_0 \sigma_s$ равно числу актов ионизации на единице длины пути частицы, то есть числу пар ионов, образованных частицей на этом пути. Вторичные электроны, которые выбиваются из атомов налетающей частицей и имеют достаточную энергию для последующей ионизации атомов, называются дельта-электронами.

1.4 Поглощённая доза и флюенсы заряженных частиц

Действие ионизирующих излучений на любое вещество проявляется в ионизации атомов и молекул, входящих в состав этого вещества. Мерой этого воздействия является поглощенная доза (D)—эта величина определяется флюенсом и потерями энергии заряженных частиц.

Флюенс частиц, эта величина, которая характеризует отношение, падающих частиц в единицу времени на плоскость вещества.

$$\Phi = \frac{It}{q} \quad (19)$$

где I-ток пучка, переданный на вещества, q-заряд частиц, t-время воздействия излучения.

Поглощенная доза ионизирующего излучения вещества можно быть рассчитана, используя формулу (20):

$$D = \Phi \frac{dE}{dx} \quad (20)$$

Единица измерения поглощенной дозы - Грей (Гр). Она равна отношению энергии 1Дж, переданной ионизирующим излучением, к массе 1кг вещества. Поглощенная доза зависит только от энергии излучения отнесенной к единице массы вещества, а не зависит от вида излучения. Еще одной внесистемной единицей измерения является Рад, определяется как поглощенная

доза ионизирующего излучения, которая равна 0,01 Гр [9].

2 Низкотемпературный топливный элемент с полимерной протон-проводящей мембраной

2.1 Низкотемпературный топливный элемент

Топливный элемент (ТЭ) – это устройство, которое вырабатывает постоянный ток и тепловую энергию. Топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива напрямую в электрическую энергию [10]. Топливные элементы высокоэффективные и не производят большого количества парниковых газов, таких как оксид азота и углекислый газ. Они могут непрерывно вырабатывать электрическую энергию, и не требуют электричества для повторной зарядки. Топливные элементы могут быть классифицированы на несколько видов в соответствии с интервалом рабочих температур:

1. 25°C-100°C - низкотемпературный топливный элемент;
2. 100°C-500°C - среднетемпературный элемент;
3. 500°C-1000°C - высокотемпературный топливный элемент,
4. более 1000°C - сверхвысокотемпературный топливный элемент[10].

Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ) – это низкотемпературный топливный элемент, который состоит из анода, катода, и протон-проводящей мембраны. Присутствие протон-проводящих мембран в ТПТЭ уменьшает коррозию анода и катода, который может обеспечить жизни топливных элементов[11]. ТПТЭ может использоваться как мобильное устройство и часто устанавливается на транспорте и стационарных установках. Недостатком ТПТЭ является высокая стоимость протон-проводящих мембран. [12]

- 1) Кислородно-водородные твердо-полимерные топливные элементы

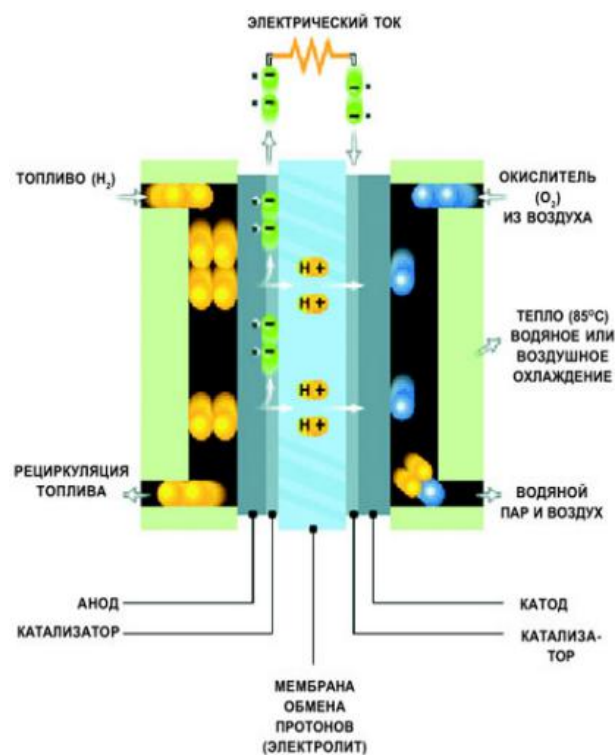


Рисунок 3-Схема принципа Кислородно-водородных ТПТЭ

Суммарная реакция: $\text{H}_2 + 1/2(\text{O}_2) \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

Принцип кислородно-водородного ТПТЭ представлен в Рисунке 2. Кислородно-водородный ТПТЭ работает в температурном интервале 80-120°C.

На аноде протекает реакция: $\text{H}_2 - 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}^+$

На катоде протекает реакция: $\text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-}$.

Протоны проходят через протон-проводящую мембрану от анода к катоду, а электроны движутся к катоду по внешней цепи, таким образом создаётся электрический ток. Кислородно-водородные твердо-полимерные топливные элементы часто используются для источников питания портативной электроники.

2) Метанольные твердо-полимерные топливные элементы

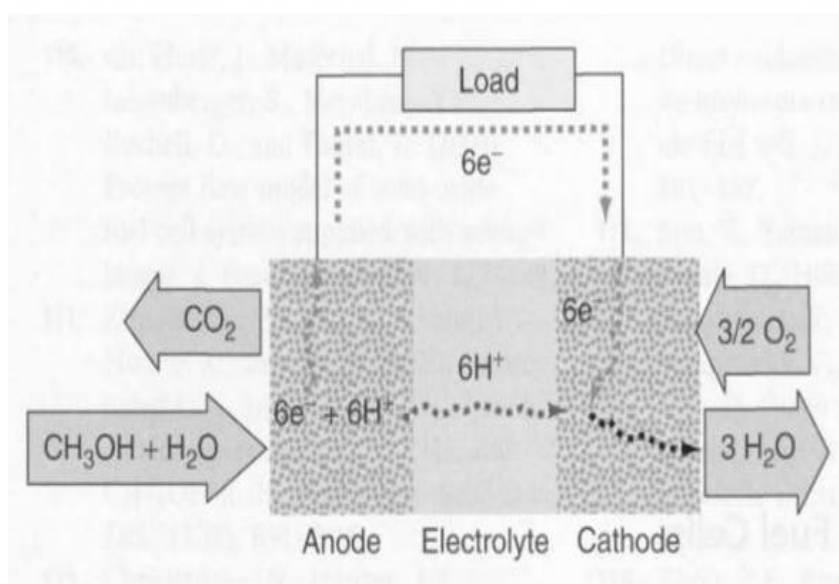
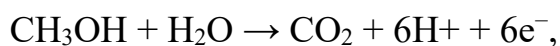


Рисунок 4 -Схема принципа метанольвых ТПТЭ[13]

Суммарная реакция: $\text{CH}_3\text{OH} + 1,5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Метанольвые топливные элементы(ПМТЭ) работают в температурном интервале 50°C - 80°C . Что в качестве материалов, используя платины и углерода для анода и катода, существует реакция на аноде:



На катоде протекает реакция: $1,5\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$.

Применение метанола не предполагает использование вспомогательных систем для рециркуляции хладагента. Чем водорода, хранение метанола более безопасное и компактное.

2.2 Полимерные протон-проводящие мембраны

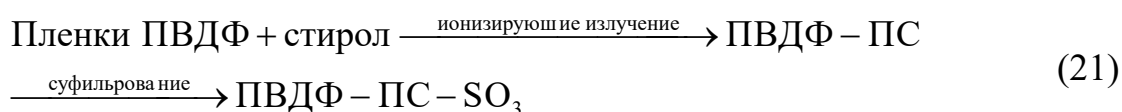
Роль полимерной протон-проводящих мембран заключается в том, чтобы разделить электроны с целью предотвращения прямой химической реакции в топливном элементе, и обеспечить транспорт заряда с анода на катод беспрепятственно. Основные требования к протон-проводящим мембранам

закljučаются в следующем: Хорошая протонная проводимость, хорошая химическая стабильность и механическая прочность и способность, который обеспечивать условия для большой скорости ток-образующей химической реакции в топливных элементах [14].

На сегодняшний день существуют несколько видов мембран, обладающих хорошей протонной проводимостью, химической стабильностью и механической прочностью, но цены этих материалов являются дорогостоящими. Поэтому необходимо найти более дешевый материал для создания протон-проводящих мембран низкотемпературных топливных элементов.

Поливинилиденфторид-С₂Н₂Ф₂, это полимерный материал, который часто используется для создания протон-проводящих мембран низкотемпературных элементов. Радиационные и химические технологии часто позволяют получить мембран с улучшенными и новыми свойствами.

При облучении ионизирующим излучением пленок ПВДФ в растворе стирола с последующим сульфированием могут быть получены протон-проводящие мембраны [15]. Одной из получающих широкое распространение привитых мембран является поливинилиденфторид-ПВДФ-ПС-SO₃H[16]. У него хорошая протонная проводимость и механическая прочность. Процесс модифицирования полимера может быть представлен схемой [17]:



Поглощенная доза является важной величиной, которая влияет на конечный результат модифицирования полимера. Результат прививки возрастает с увеличением поглощенной дозы.

3 Расчет поглощенных доз в пленках ПВДФ при облучении их α -частицами и протонами

3.1 Расчет поглощенной доз в пленках ПВДФ при облучении их пучком α -частиц

Ниже представлен подробные расчеты поглощенной доз излучения энергетического пучка α -частиц в пленках ПВДФ толщиной 20мкм.

Пусть для α -частиц: начальная энергия 15МэВ. Плотность тока 0.5мкА/см². Масса α -частиц 6,64*10²⁷кг. Плотность ПВДФ 1,78г/см³. Результат будет сделана при токе с 0,05мкА/см² до 0,5мкА/см².

Поэтому начальная скорость α -частиц равна:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{\frac{2 * 15 * 1.6 * 10^{-19} * 10^6}{6.64 * 10^{-27}}} = 2.69 * 10^7$$

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{2.69 * 10^7}{3 * 10^8} = 8.9 * 10^{-2}$$

Потерянная энергия α -частиц может быть рассчитана с помощью формулы Бете-Блоха:

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx} \right)_C &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1 - \frac{v^2}{c^2})} \right) \\ &= \frac{4\pi * 2^2 * (1.6 * 10^{-19})^4 * 6.82 * 10^{23+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2}{78 * 1.6 * 10^{-19}} \right) \right] \\ &= 1.01 * 10^{-8} \text{ дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx} \right)_H &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1 - \frac{v^2}{c^2})} \right) \\ &= \frac{4\pi * 2^2 * (1.6 * 10^{-19})^4 * 6.82 * 10^{23+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2}{19.2 * 1.6 * 10^{-19}} \right) \right] \\ &= 1.1 * 10^{-13} \text{ дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_F &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1-\frac{v^2}{c^2})}\right) \\ &= \frac{4\pi * 2^2 * (1.6 * 10^{-19})^4 * 4.85 * 10^{20+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (2.69 * 10^7)^2}{115 * 1.6 * 10^{-19}}\right) \right] \\ &= 8.41 * 10^{-12} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

Полные потери энергии на ионизацию α -частиц в пленках ПВДФ могут быть рассчитаны, используя закон Брэгга:

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ПВДФ}} &= \left(-\frac{dE}{dx}\right)_C + 2\left(-\frac{dE}{dx}\right)_H + 2\left(-\frac{dE}{dx}\right)_F \\ &= 1.98 * 10^{-8} * 2 + 2 * 6.6 * 10^{-12} + 2 * 8.41 * 10^{-12} \\ &= 2.02 * 10^{-8} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

Пробег для α -частиц:

$$R = \int_0^{E_0} \frac{1}{-\frac{dE}{dx}} dx = \int_0^{2.4 * 10^{-12}} \frac{1}{2.02 * 10^{-8}} dE = 1.19 * 10^{-4} \text{ м} = 119 \mu\text{м}$$

Пробег α -частиц больше, чем толщина пленки ПВДФ, принятая в расчетах, следовательно при заданных параметрах пучка, α -частицы могут проходить через всю толщину пленки ПВДФ.

Флюенсы α -частиц в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см² за одну секунду рассчитается с помощью этой формулой:

$$N = \frac{I}{q} t = \frac{0.5 * 10^{-6}}{2 * 1.6 * 10^{-19}} * 1 = 1.56 * 10^{12} / \text{см}^2$$

Таблица 1- флюенс α -частиц в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см²

Время, с	30	60	90	120
Флюенс, 1/см ²	4.68*10 ¹³	9.37*10 ¹³	1.40*10 ¹⁴	1.87*10 ¹⁴

Время, с	150	180	210	240
Флюенс, 1/см ²	2.34*10 ¹⁴	2.81*10 ¹⁴	3.28*10 ¹⁴	3.75*10 ¹⁴
Время, с	270	300	330	360
Флюенс, 1/см ²	4.22*10 ¹⁴	4.68*10 ¹⁴	5.15*10 ¹⁴	5.62*10 ¹⁴

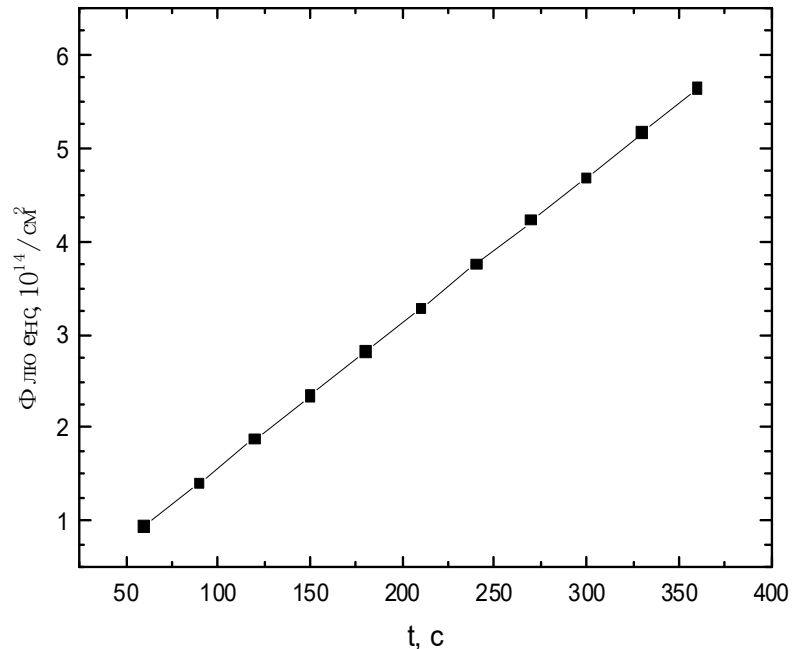


Рисунок 5- Зависимости флюенсы α -частиц от времени при токе 0,5мкА/см².

Поглощённая доза для α -частиц в пленках ПВДФ за одну секунду единицей площади:

$$D = \frac{dE}{dm} N = 2.02 * 10^{-8} * 1.56 * 10^{12} = 3.15 * 10^4 \text{ Гр}$$

Таблица 2-Поглощённая доза α -частиц в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см²

Время, с	30	60	90	120	150	180
Поглощённая доза, МГр	0,94	1,89	2,83	3,780	4,72	5,67
Время, с	210	240	270	300	330	360
Поглощённая доза, МГр	6,61	7,56	8,50	9,45	10,39	11,34

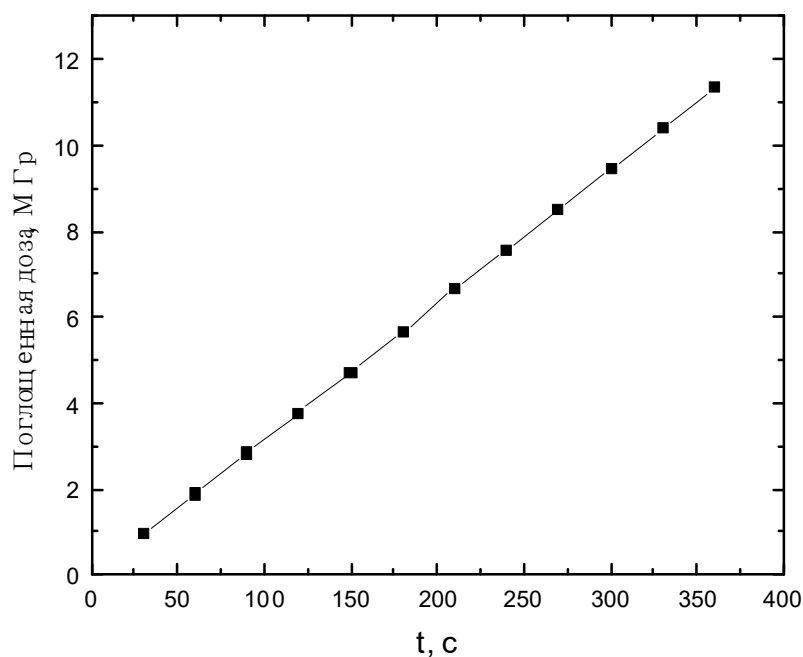


Рисунок 6-Зависимость поглощённой дозы от времени при облучении α -частиц при токе $0,5\text{мкА}/\text{см}^2$

Можно получен вывод, что зависимость поглощенной доз α -частиц от времени пропорциональная.

Подробный результаты поглощенной доз α -частиц в пленках ПВДФ толщиной 20мкм при токе $0,05\text{мкА}$ - $0,5\text{мкА}/\text{см}^2$ с начальной энергии 15МэВ представлены на следующие рисунках:

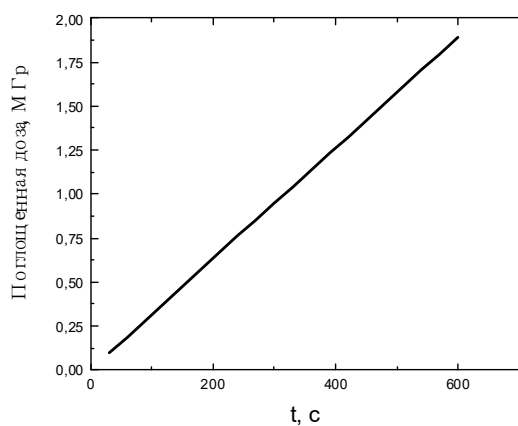


Рисунок 7(1) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,05\text{мкА}/\text{см}^2$.

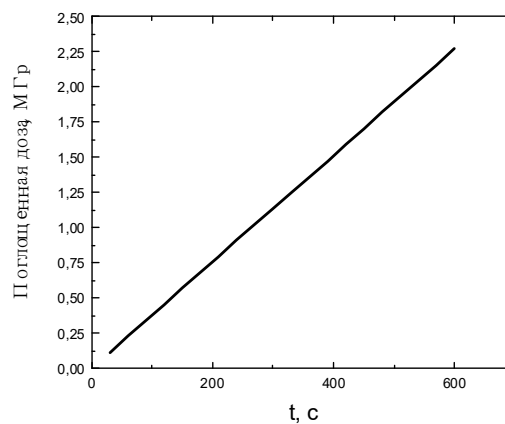


Рисунок 7(2) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,06\text{мкА}/\text{см}^2$.

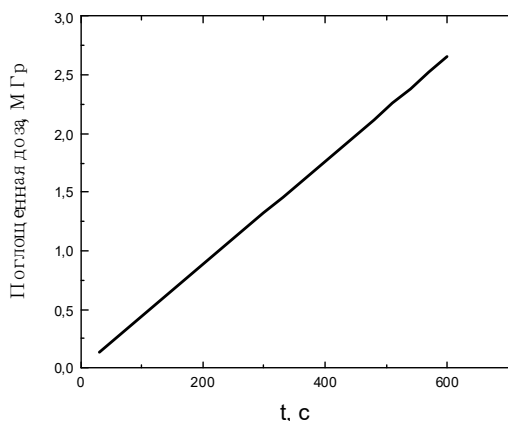


Рисунок 7(3) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,07\text{мкА/см}^2$.

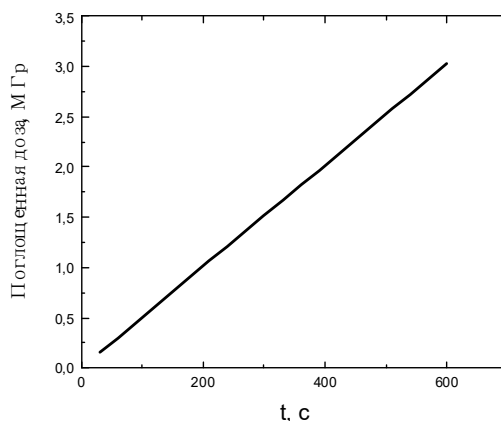


Рисунок 7(4) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,08\text{мкА/см}^2$.

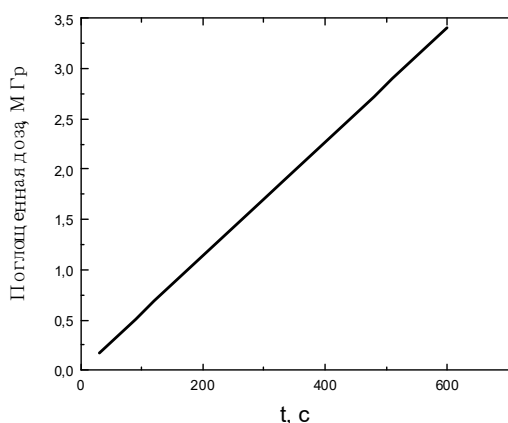


Рисунок 7(5) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,09\text{мкА/см}^2$.

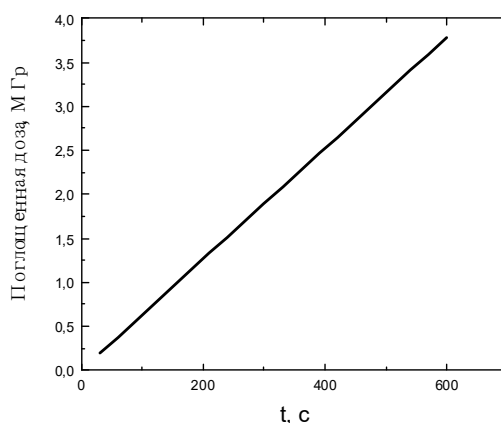


Рисунок 7(6) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,10\text{мкА/см}^2$.

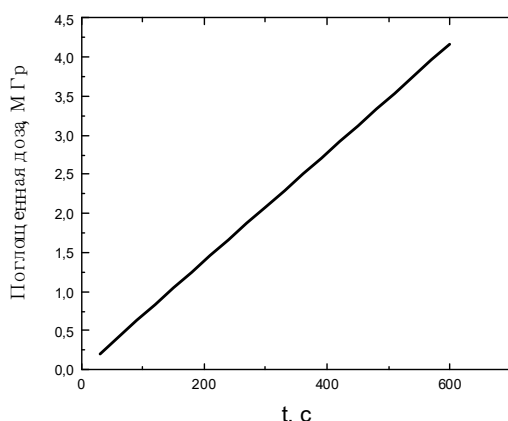


Рисунок 7(7) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,11\text{мкА/см}^2$.

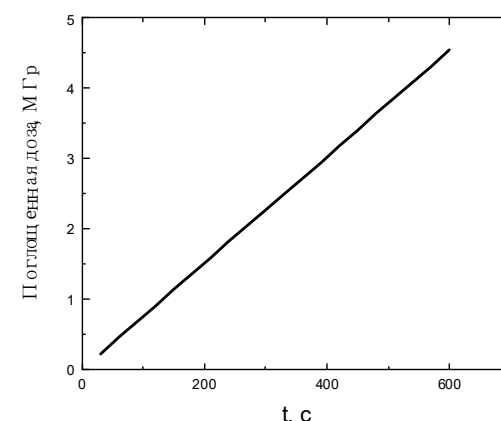


Рисунок 7(8) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,12\text{мкА/см}^2$.

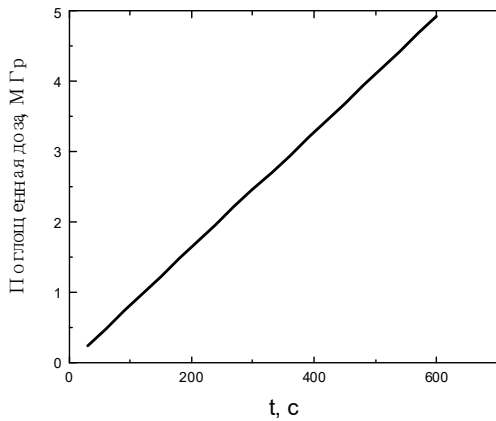


Рисунок 7(9) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,13\text{мкА/см}^2$.

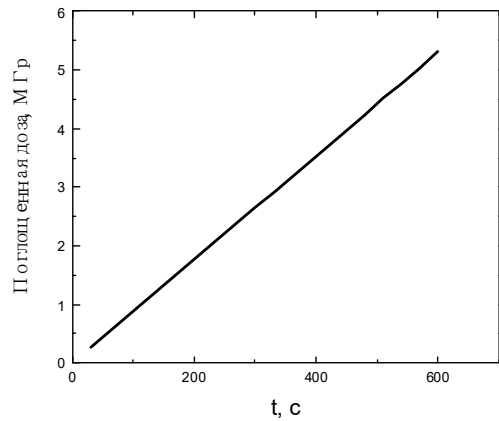


Рисунок 7(10) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,14\text{мкА/см}^2$.

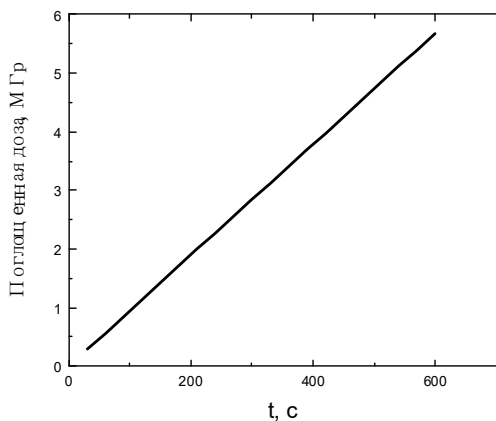


Рисунок 7(11) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,15\text{мкА/см}^2$.

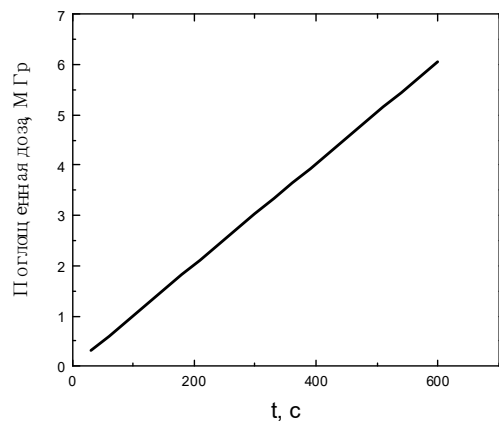


Рисунок 7(12) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,16\text{мкА/см}^2$.

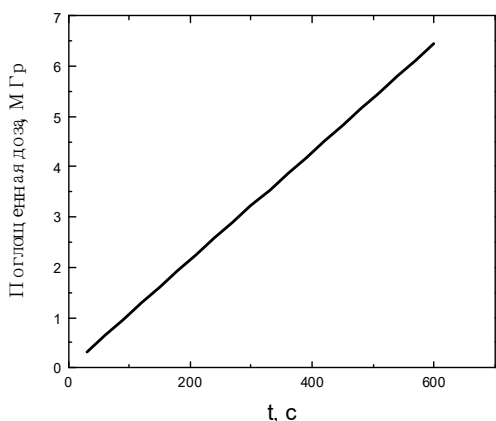


Рисунок 7(13) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,17\text{мкА/см}^2$.

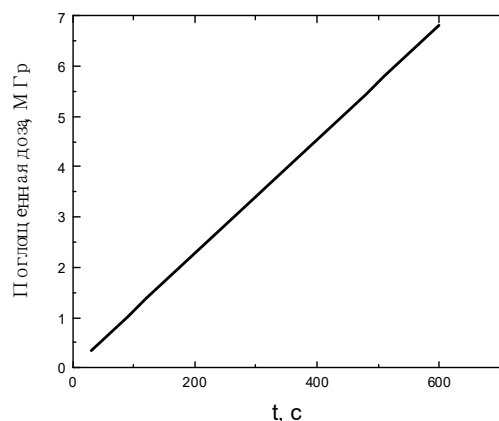


Рисунок 7(14) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,18\text{мкА/см}^2$.

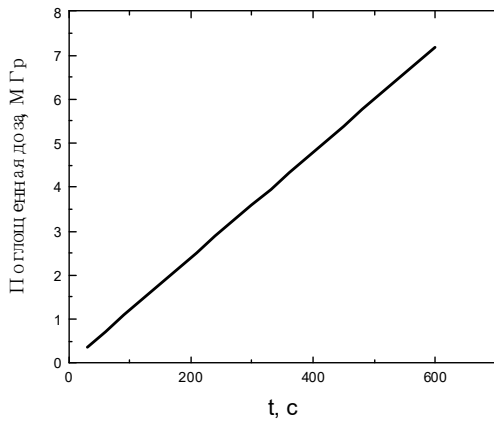


Рисунок 7(15) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,19\text{мкА/см}^2$.

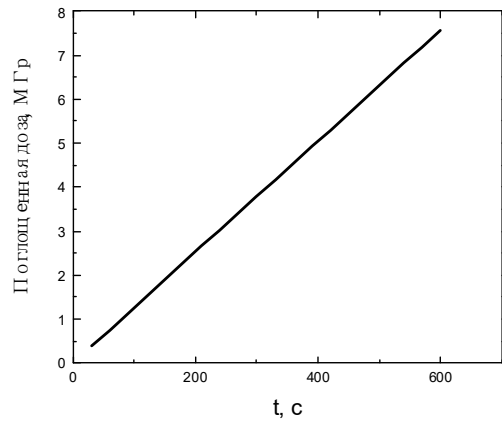


Рисунок 7(16) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,20\text{мкА/см}^2$.

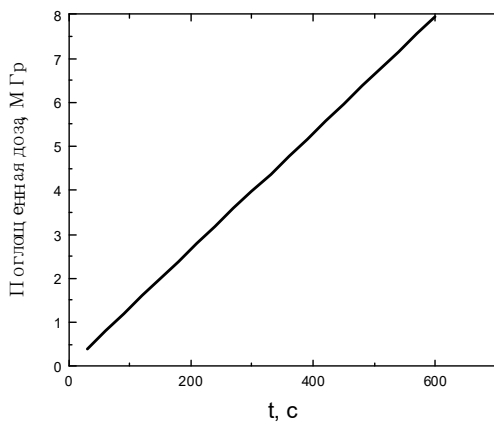


Рисунок 7(17) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,21\text{мкА/см}^2$.

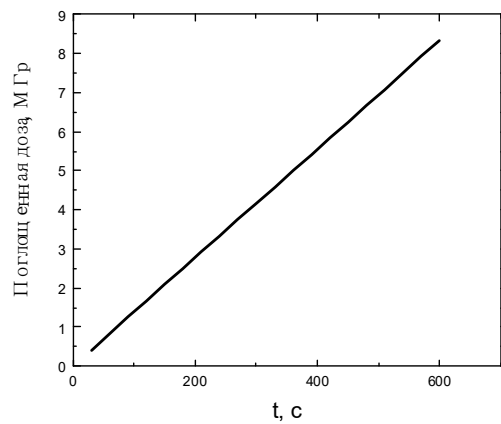


Рисунок 7(18) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,22\text{мкА/см}^2$.

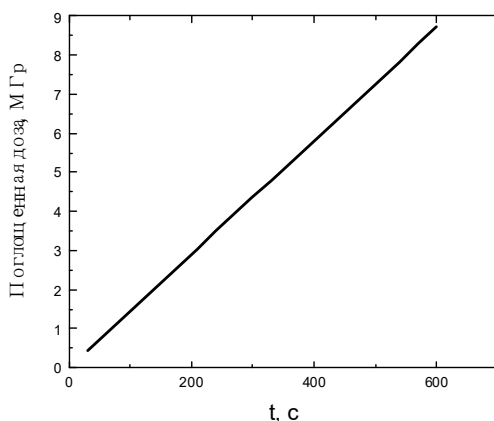


Рисунок 7(19) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,23\text{мкА/см}^2$.

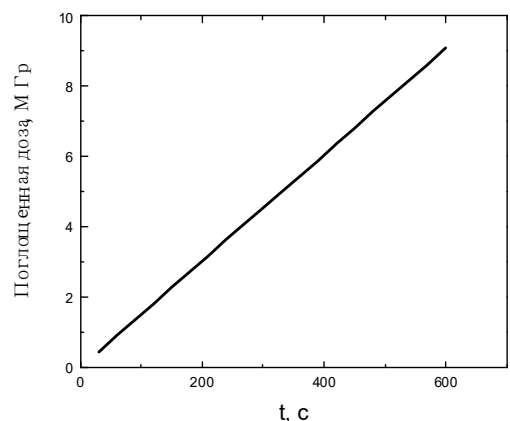


Рисунок 7(20) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,24\text{мкА/см}^2$.

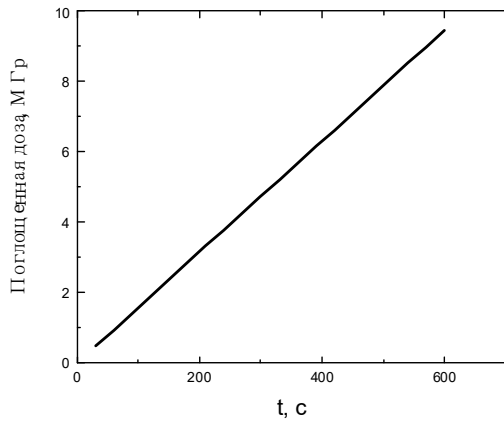


Рисунок 7(21) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,25\text{мкА}/\text{см}^2$.

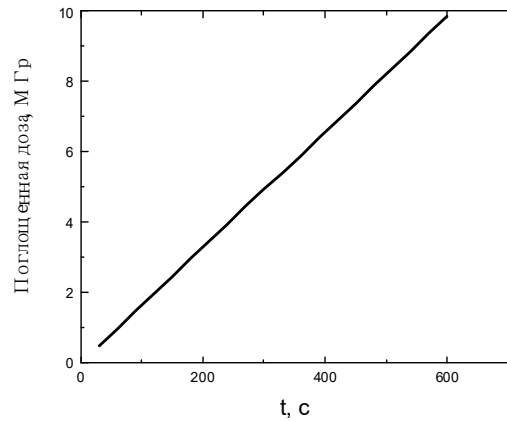


Рисунок 7(22) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,26\text{мкА}/\text{см}^2$.

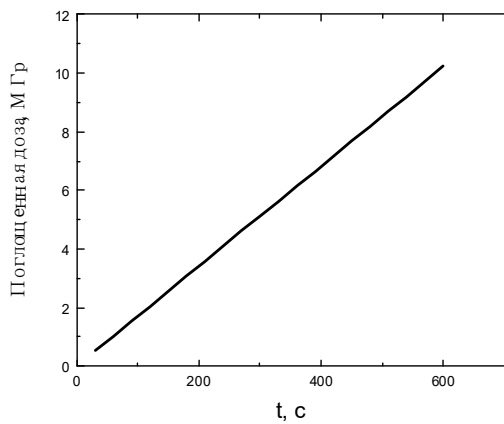


Рисунок 7(23) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,27\text{мкА}/\text{см}^2$.

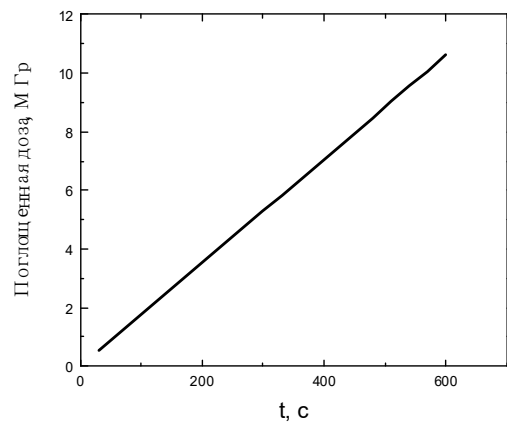


Рисунок 7(24) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,28\text{мкА}/\text{см}^2$.

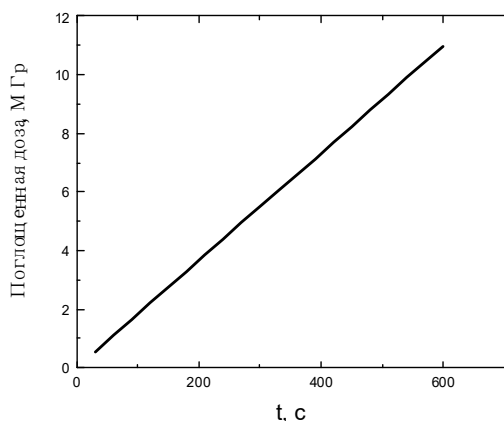


Рисунок 7(25) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,29\text{мкА}/\text{см}^2$.

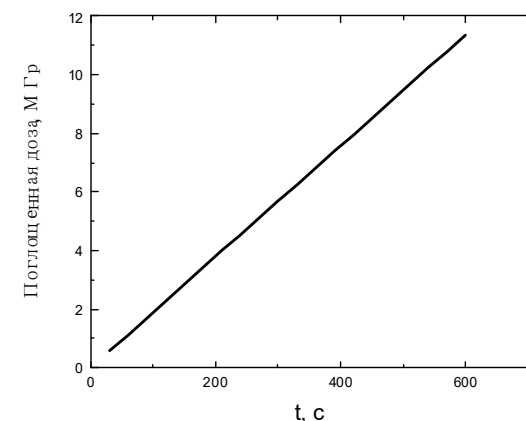


Рисунок 7(26) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,30\text{мкА}/\text{см}^2$.

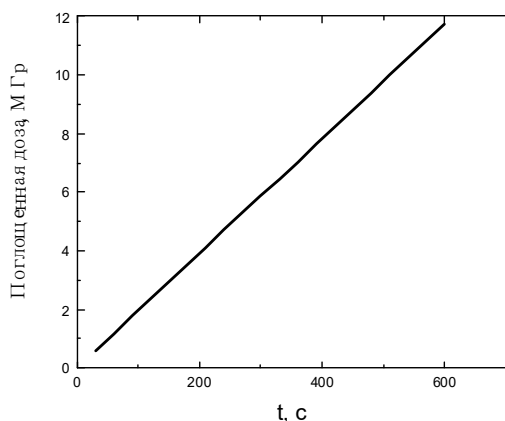


Рисунок 7(27): Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,31 \text{ мкА/см}^2$.

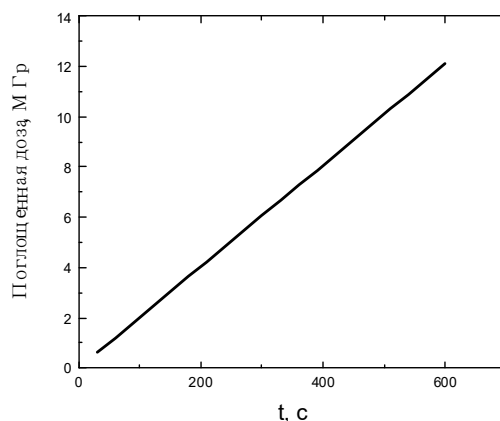


Рисунок 7(28): Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,32 \text{ мкА/см}^2$.

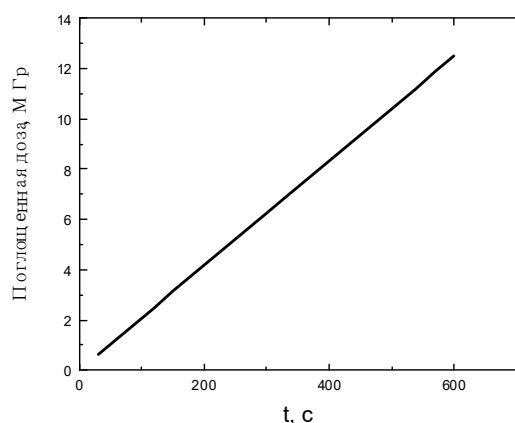


Рисунок 7(29) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,33 \text{ мкА/см}^2$.

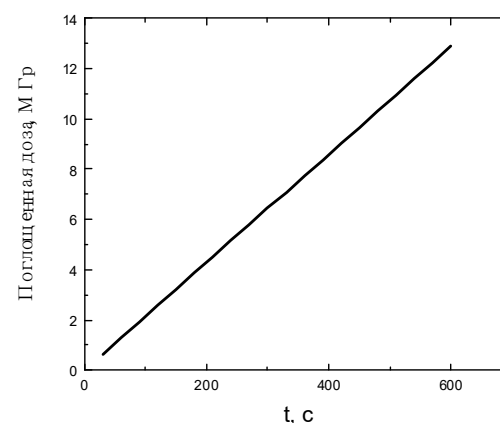


Рисунок 7(30) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,34 \text{ мкА/см}^2$.

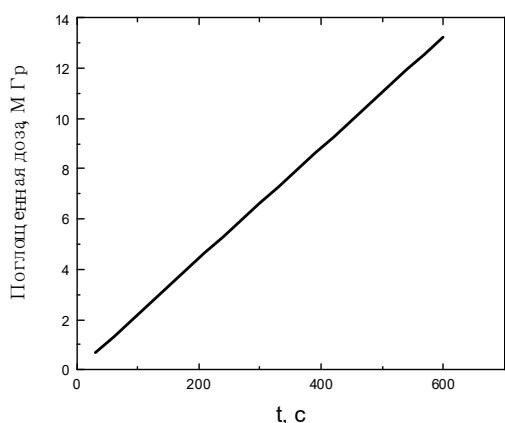


Рисунок 7(31) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,35 \text{ мкА/см}^2$.

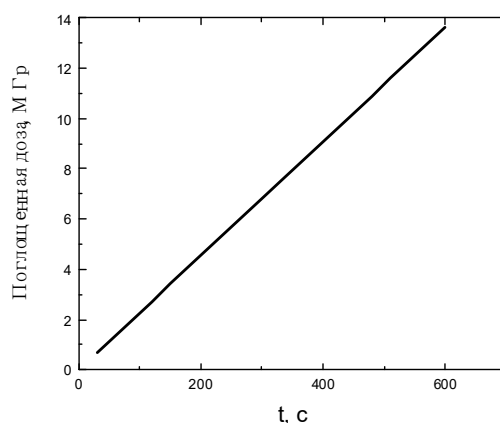


Рисунок 7(32) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,36 \text{ мкА/см}^2$.

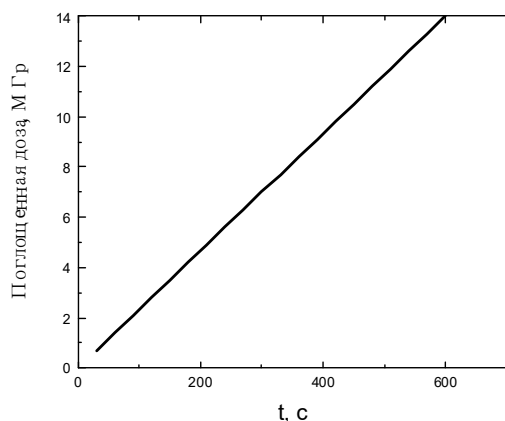


Рисунок 7(33) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,37\text{мкА}/\text{см}^2$.

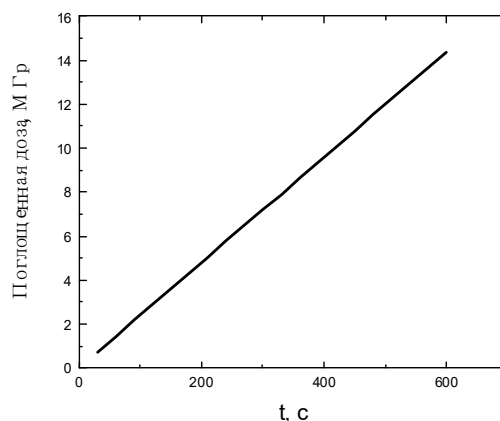


Рисунок 7(34) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,38\text{мкА}/\text{см}^2$.

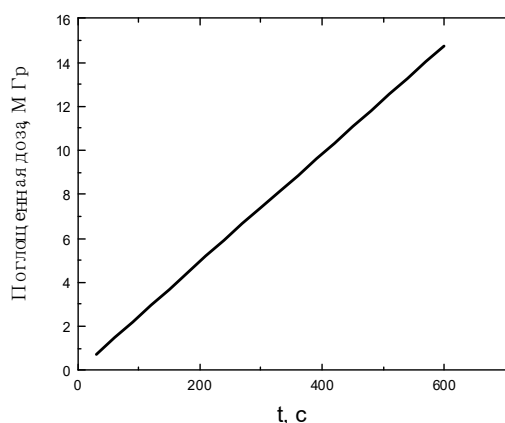


Рисунок 7(35) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,39\text{мкА}/\text{см}^2$.

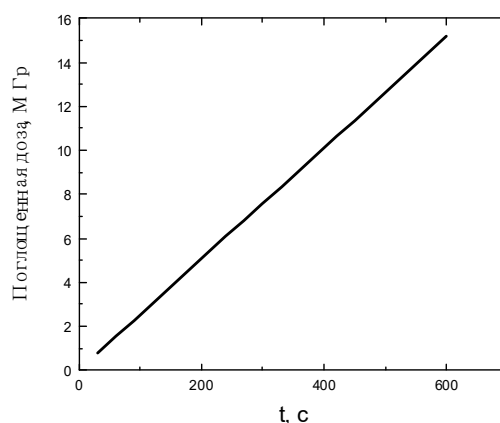


Рисунок 7(36) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,40\text{мкА}/\text{см}^2$.

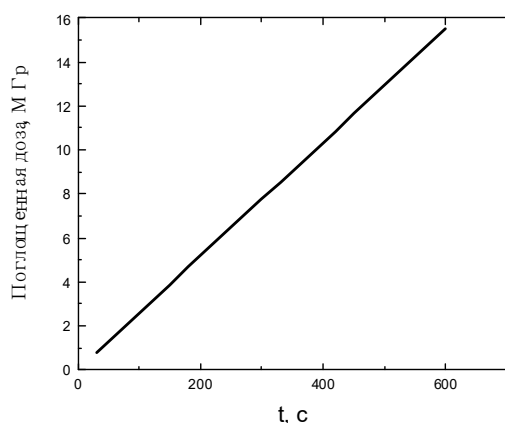


Рисунок 7(37) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,41\text{мкА}/\text{см}^2$.

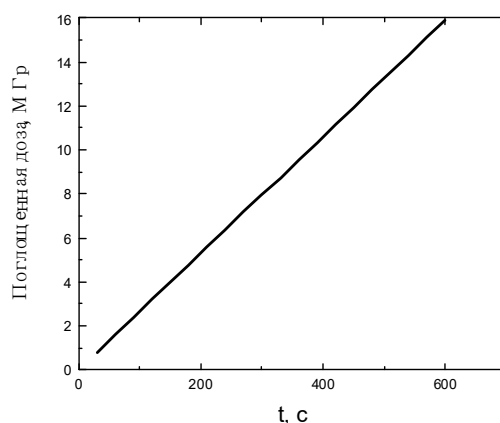


Рисунок 7(38) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,42\text{мкА}/\text{см}^2$.

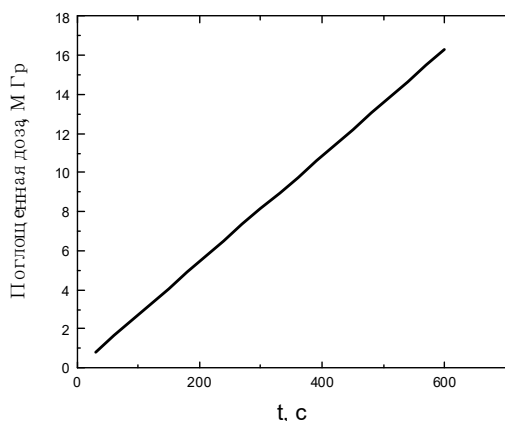


Рисунок 7(39): Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,43\text{мкА}/\text{см}^2$.

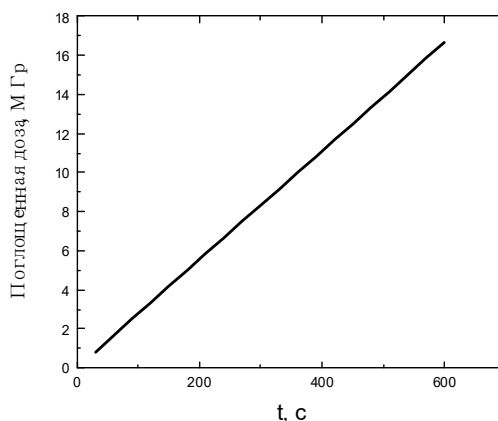


Рисунок 7(40): Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,44\text{мкА}/\text{см}^2$.

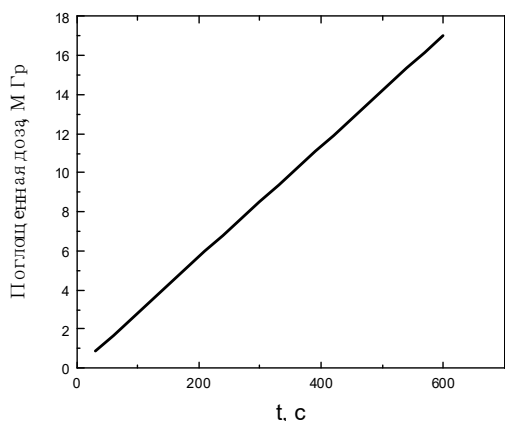


Рисунок 7(41) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,45\text{мкА}/\text{см}^2$.

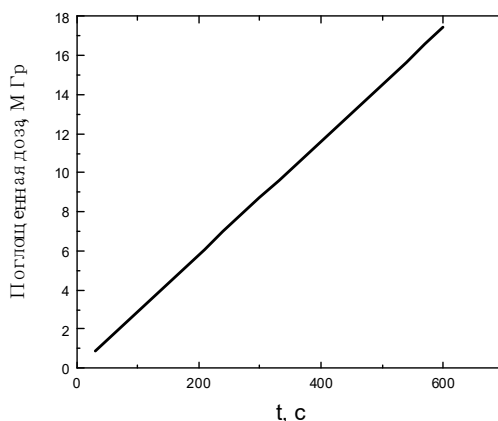


Рисунок 7(42) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,46\text{мкА}/\text{см}^2$.

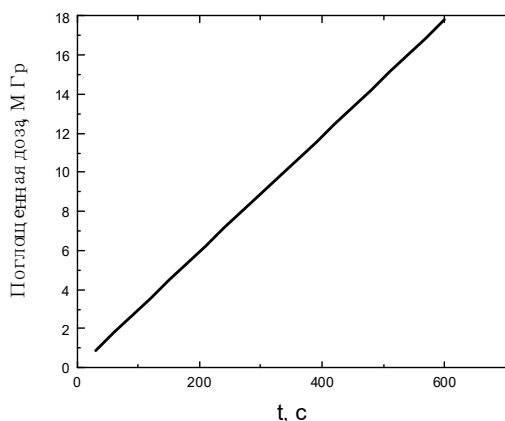


Рисунок 7(43) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,47\text{мкА}/\text{см}^2$.

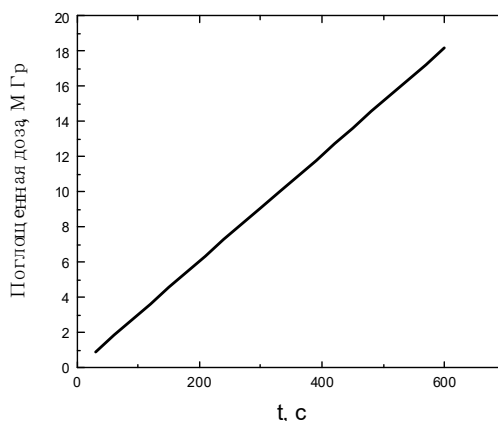


Рисунок 7(44) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка $0,48\text{мкА}/\text{см}^2$.

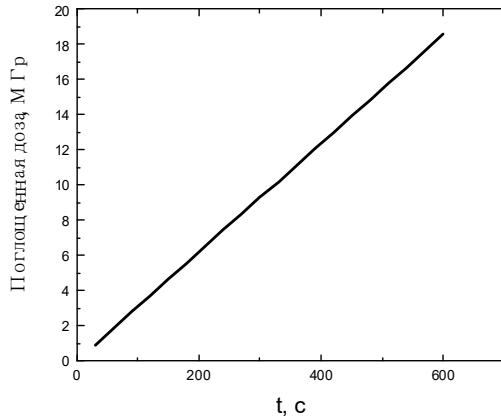


Рисунок 7(45) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка 0,49мкА/см².

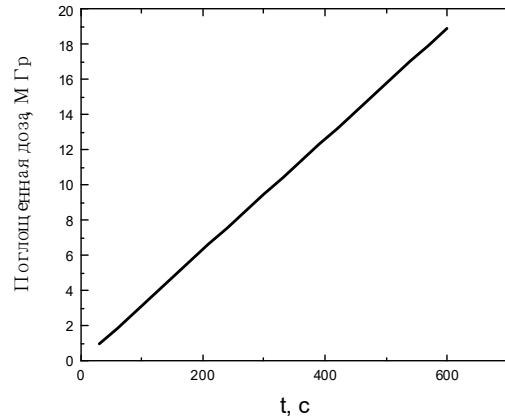


Рисунок 7(46) -Зависимость поглощенной доз α -частиц от времени облучения при токе пучка 0,50мкА/см².

2.2 Расчет поглощенной доз в пленках ПВДФ при облучении их пучком протонов

Пусть, что начальная энергия протона равна 1,7МэВ. Масса протона равна $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Плотность тока 0,5мкА/см². Плотность пленках ПВДФ 1,78г/см³. Результат будет сделана при токе с 0,05мкА/см² до 0,5мкА/см²

Поэтому начальная скорость равна:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = \sqrt{1.67 \frac{2 \cdot 1.7 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^6}{1.67 \cdot 10^{-27}}} = 1.8 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{1.8 \cdot 10^7}{3 \cdot 10^8} = 6 \cdot 10^{-2}$$

$$\beta^2 = 3.6 \cdot 10^{-4}$$

Потерянная энергия протонов в пленках ПВДФ была рассчитана с помощью формулы Бете-Блоха:

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_C &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1-\frac{v^2}{c^2})}\right) \\ &= \frac{4\pi * (1.6 * 10^{-19})^4 * 6.82 * 10^{23+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2}{78 * 1.6 * 10^{-19}}\right) \right] \\ &= 4.11 * 10^{-9} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_H &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1-\frac{v^2}{c^2})}\right) \\ &= \frac{4\pi * (1.6 * 10^{-19})^4 * 6.82 * 10^{23+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2}{19.2 * 1.6 * 10^{-19}}\right) \right] \\ &= 3.22 * 10^{-13} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_F &= \frac{4\pi Z^2 e^4}{(4\pi\xi_0)^2 m v^2} N_A \frac{Z}{A} \rho \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I(1-\frac{v^2}{c^2})}\right) \\ &= \frac{4\pi * (1.6 * 10^{-19})^4 * 4.85 * 10^{20+6}}{1.24 * 10^{-20} * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2} \left[\ln\left(\frac{2 * 9 * 10^{-31} * (1.8 * 10^7)^2}{115 * 1.6 * 10^{-19}}\right) \right] \\ &= 3.82 * 10^{-12} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

Полные потери энергии на ионизацию протонов в пленках ПВДФ могут быть рассчитаны, используя закон Брэгга:

$$\begin{aligned} \left(-\frac{dE}{dx}\right)_{\text{ПВДФ}} &= \left(-\frac{dE}{dx}\right)_C + 2\left(-\frac{dE}{dx}\right)_H + 2\left(-\frac{dE}{dx}\right)_F \\ &= 2.33 * 10^{-9} * 2 + 2 * 3.22 * 10^{-13} + 2 * 3.381 * 10^{-12} \\ &= 8.22 * 10^{-9} \text{ Дж} * \text{м}^2 / \text{кг} \end{aligned}$$

Пробег для протона:

$$R = \int_0^{E_0} \frac{1}{\frac{dE}{dx}} dx = \int_0^{2.72 * 10^{-13}} \frac{1}{8.22 * 10^{-9}} dE = 3.31 * 10^{-5} \text{ м} = 33.1 \text{ мкм}$$

Пробег протонов больше, чем толщина пленки ПВДФ, принятая в расчетах, следовательно, при заданных параметрах пучка, протоны могут проходить через всю толщину пленки ПВДФ.

Флюенсы для протона за одну секунду:

$$N = \frac{I}{q} t = \frac{0,5 * 10^{-6}}{1,6 * 10^{-19}} = 3,12 * 10^{12} / \text{см}^2 (\text{1с})$$

Таблица 3 -Флюенс протонов в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см²

Время, с	30	60	90	120	150
Флюенс, 1/см ²	1,87*10 ¹⁴	3,75*10 ¹⁴	5,62*10 ¹⁴	7,5*10 ¹⁴	9,37*10 ¹⁴
Время, с	180	210	240	270	300
Флюенс, 1/см ²	1,12*10 ¹⁵	1,31*10 ¹⁵	1,50*10 ¹⁵	1,68*10 ¹⁵	1,87*10 ¹⁵

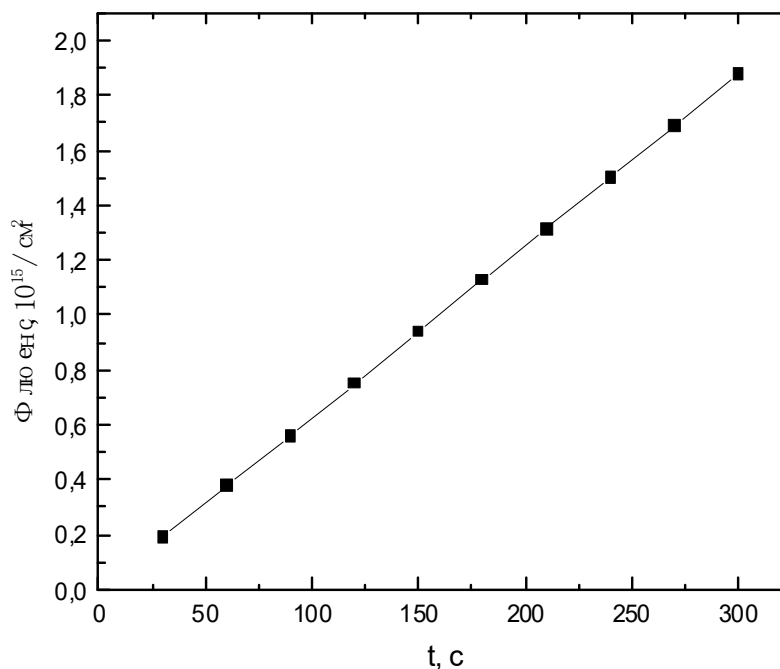


Рисунок 8-Зависимость флюенсы протонов от времени

Поглощённая доза протонов в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см² за одну секунду:

$$D = \frac{dE}{dx} N = 4.66 \cdot 10^{-9} * 6.25 \cdot 10^{12} = 2.91 \cdot 10^4 \text{ Гр}$$

Таблица 4 -поглощённая доза протонов в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см².

Время, с	30	60	90	120	150
Поглощенная доза, МГр	0,87	1,74	2,62	3,49	4,36
Время, с	180	210	240	270	300
Поглощенная доза, МГр	5,24	6,11	6,98	7,85	8,73

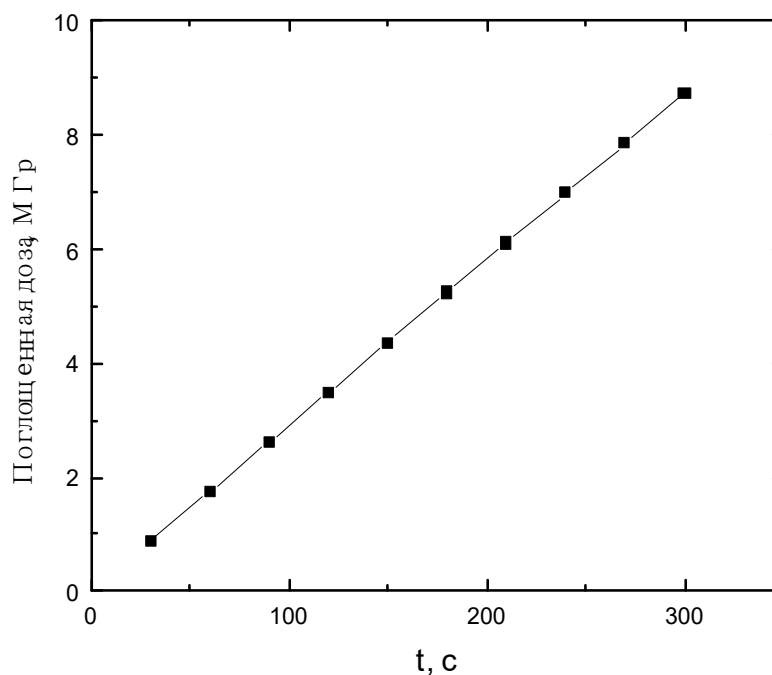


Рисунок 9-Зависимость поглощённой доз в пленках ПВДФ при токе 0,5мкА/см² при облучении протонов от времени.

Подробный результаты расчетов поглощенной доз протонов в пленках ПВДФ толщиной 20мкм при токе 0,05мкА-0,5мкА/см² с начальной энергии 1,7МэВ представлен на следующих Рисунках:

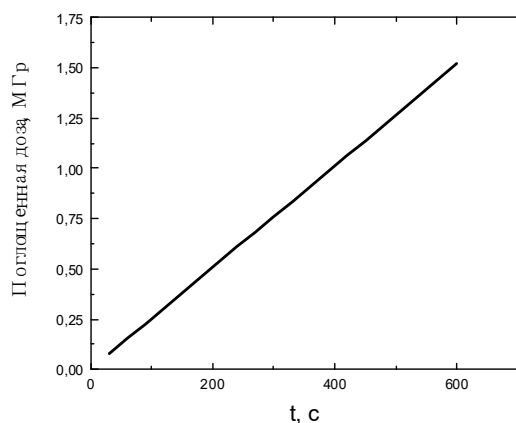


Рисунок 10(1) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,05мкА/см².

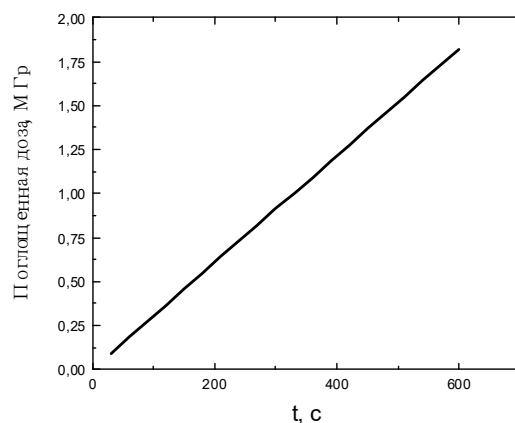


Рисунок 10(2) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,06мкА/см².

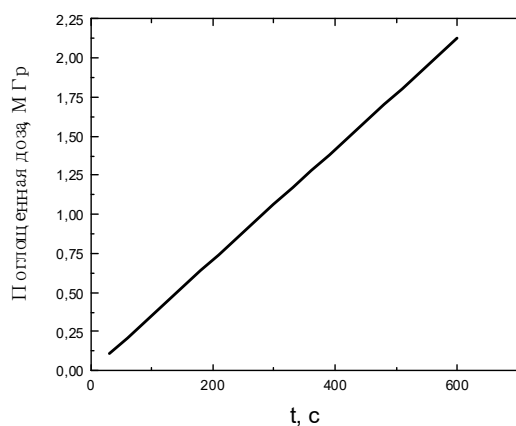


Рисунок 10(3) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,07мкА/см².

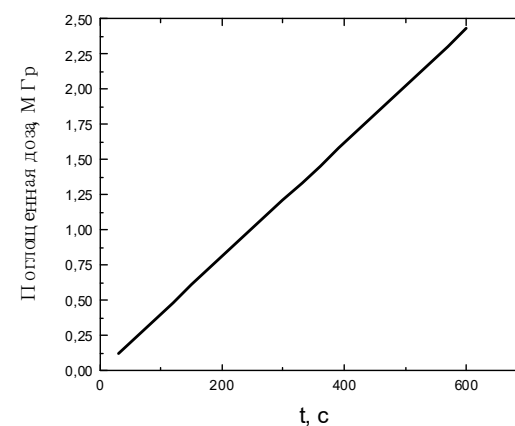


Рисунок 10(4) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,08мкА/см².

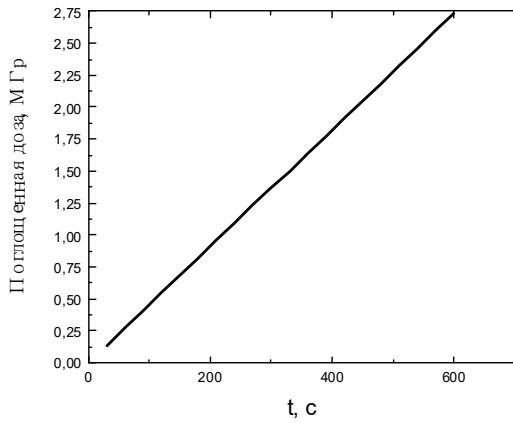


Рисунок 10(5) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,09\text{мкА/см}^2$.

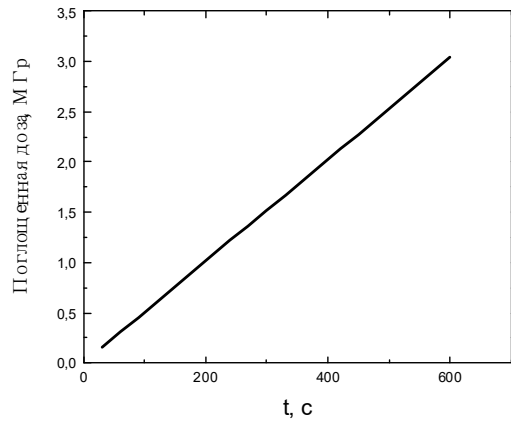


Рисунок 10(6) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,10\text{мкА/см}^2$.

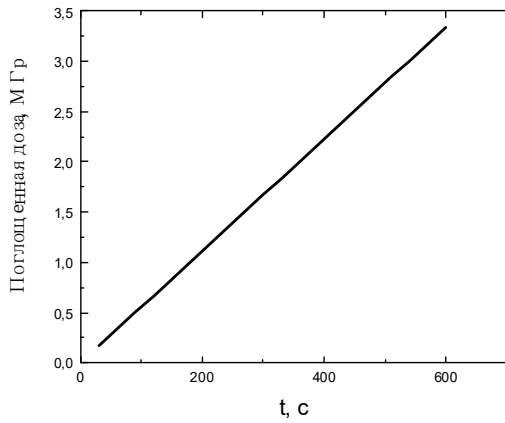


Рисунок 10(7) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,11\text{мкА/см}^2$.

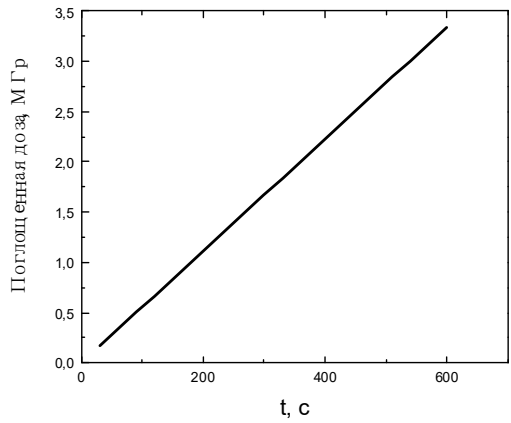


Рисунок 10(8) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,12\text{мкА/см}^2$.

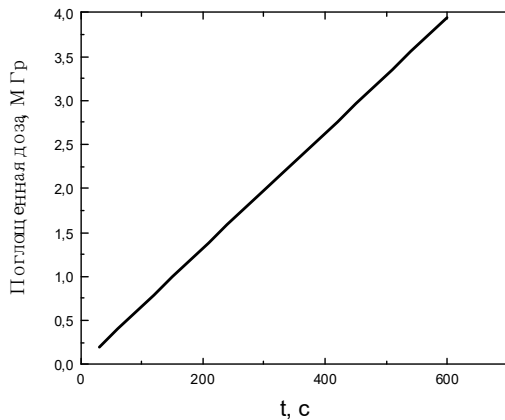


Рисунок 10(9) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,13\text{мкА/см}^2$.

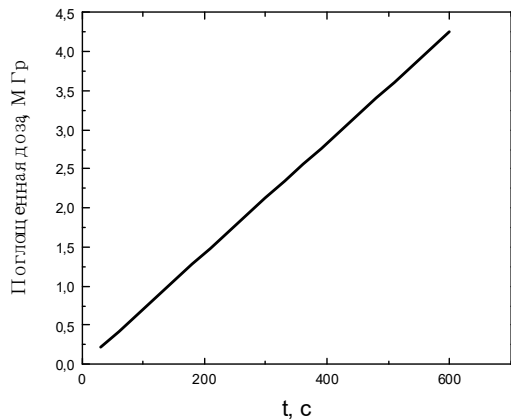


Рисунок 10(10) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,14\text{мкА/см}^2$.

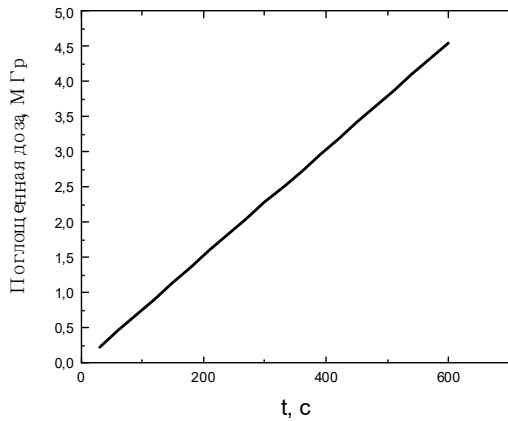


Рисунок 10(11) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,15\text{мкА/см}^2$.

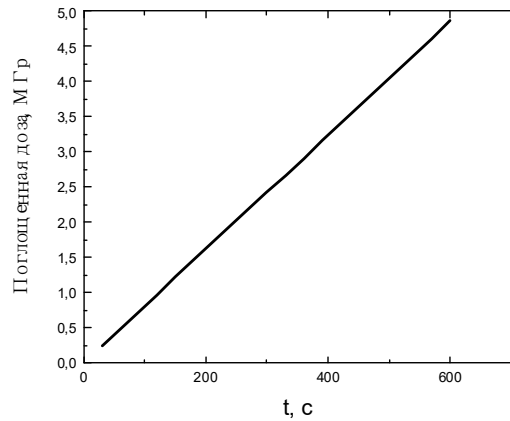


Рисунок 10(12) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,16\text{мкА/см}^2$.

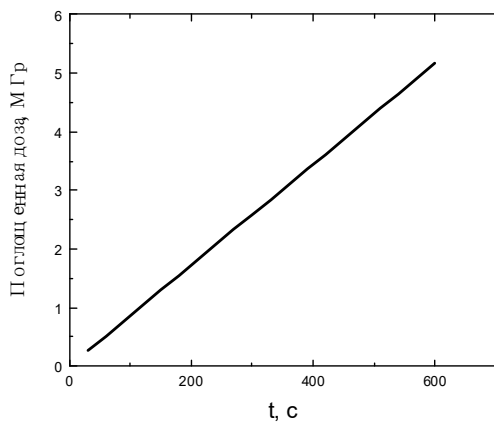


Рисунок 10(13) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,17\text{мкА/см}^2$.

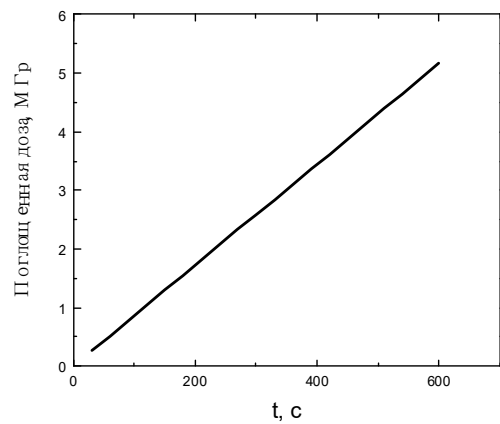


Рисунок 10(14) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,18\text{мкА/см}^2$.

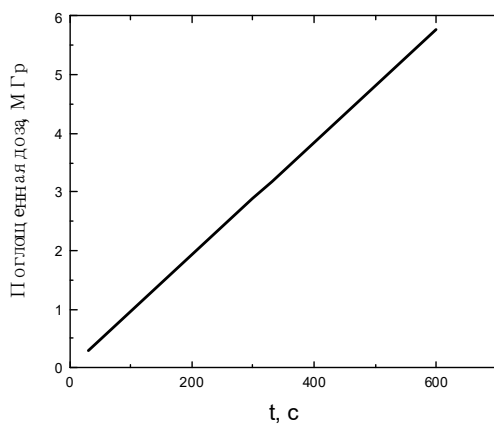


Рисунок 10(15) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,19\text{мкА/см}^2$.

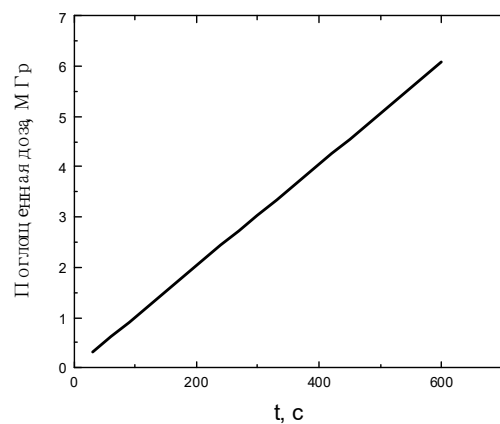


Рисунок 10(16) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,20\text{мкА/см}^2$.

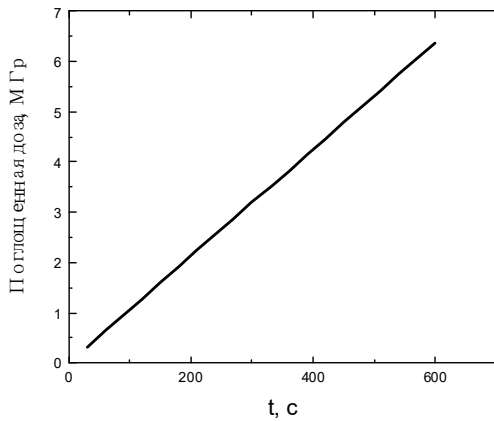


Рисунок 10(17) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,21\text{мкА/см}^2$.

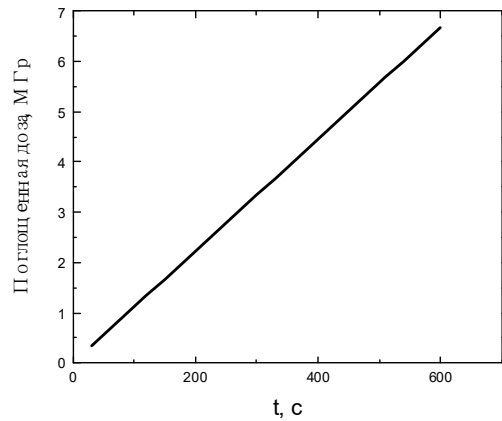


Рисунок 10(18) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,22\text{мкА/см}^2$.

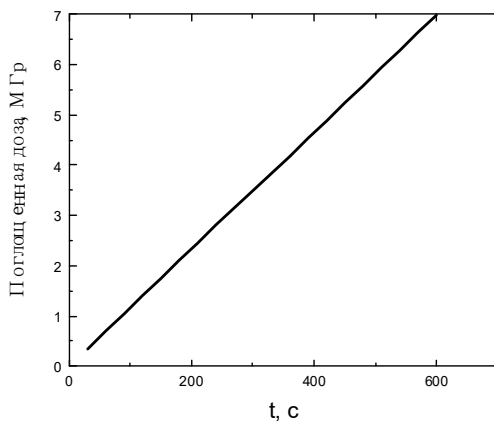


Рисунок 10(19) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,23\text{мкА/см}^2$.

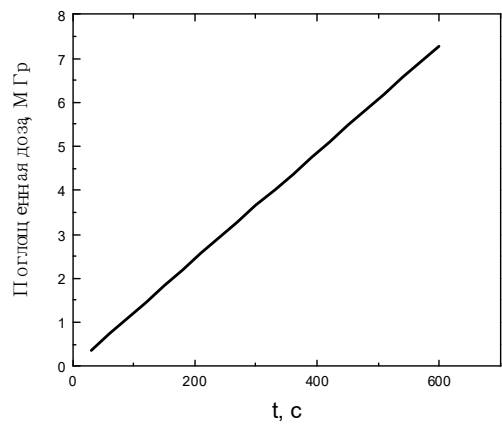


Рисунок 10(20) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,24\text{мкА/см}^2$.

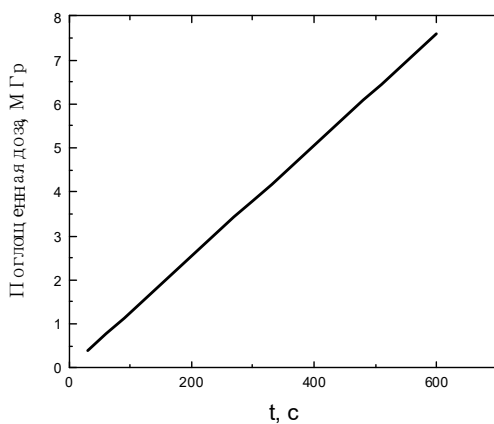


Рисунок 10(21) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,25\text{мкА/см}^2$.

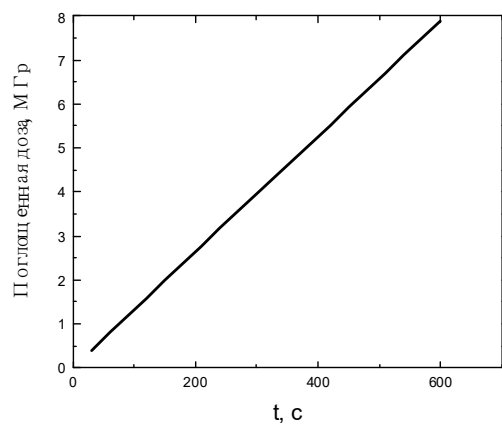


Рисунок 10(22) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,26\text{мкА/см}^2$.

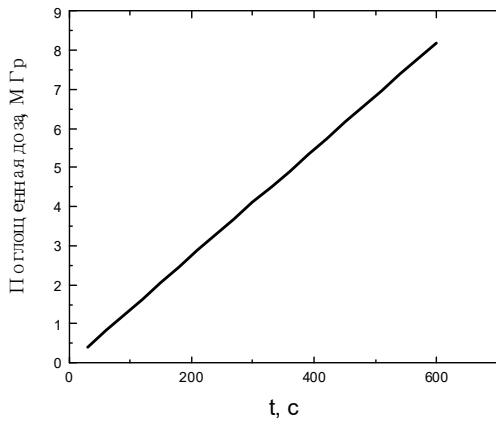


Рисунок 10(23) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,27мкА/см².

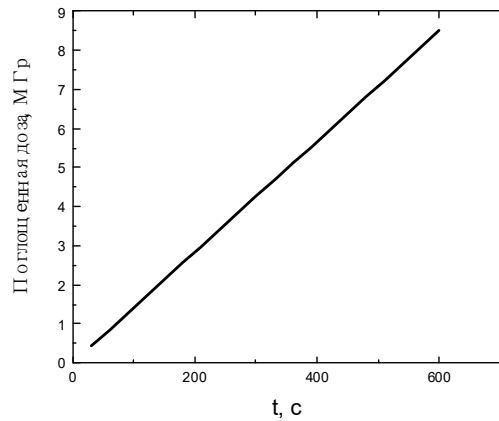


Рисунок 10(24) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,28мкА/см².

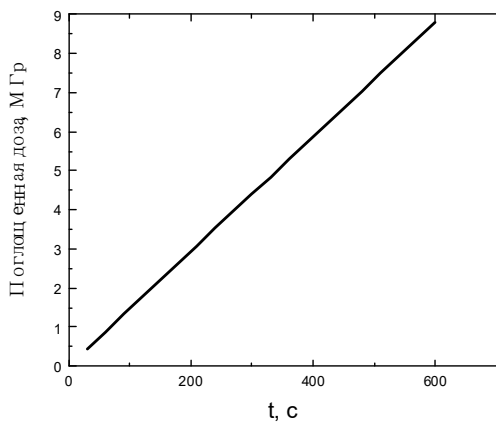


Рисунок 10(25) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0.29мкА/см².

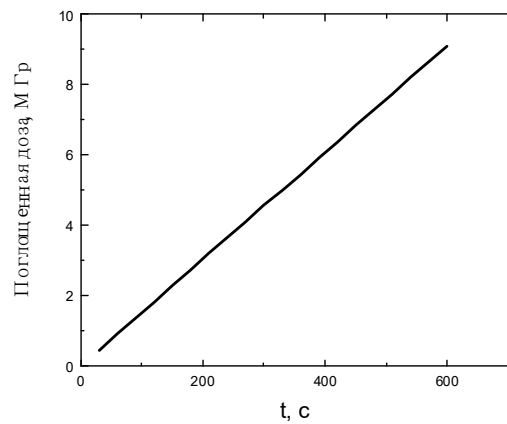


Рисунок 10(26) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0.30мкА/см².

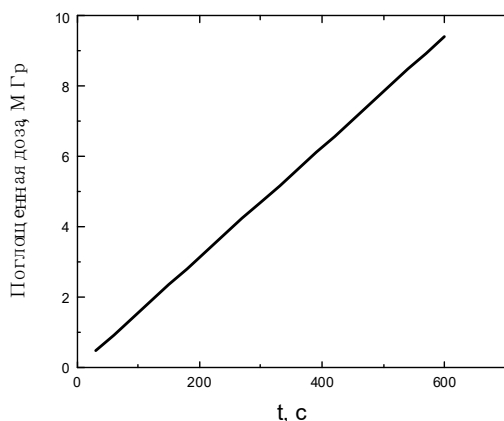


Рисунок 10(27) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,31мкА/см².

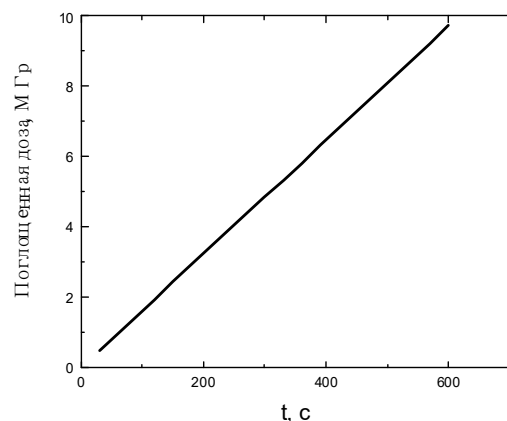


Рисунок 10(28) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,32мкА/см².

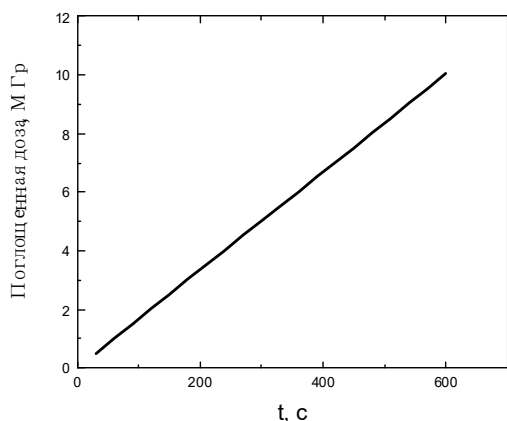


Рисунок 10(29) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,33\text{мкА/см}^2$.

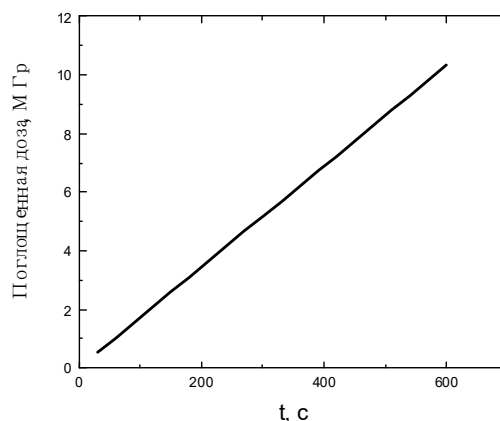


Рисунок 10(30) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,34\text{мкА/см}^2$.

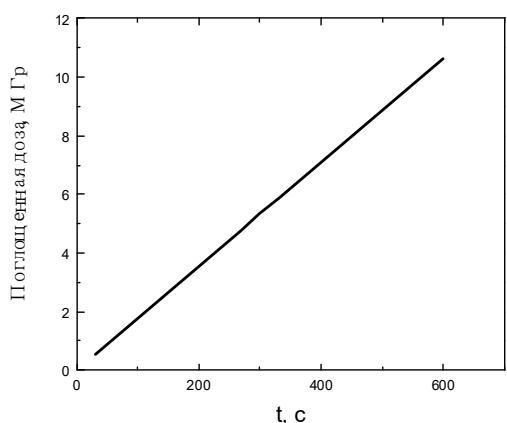


Рисунок 10(31) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,35\text{мкА/см}^2$.

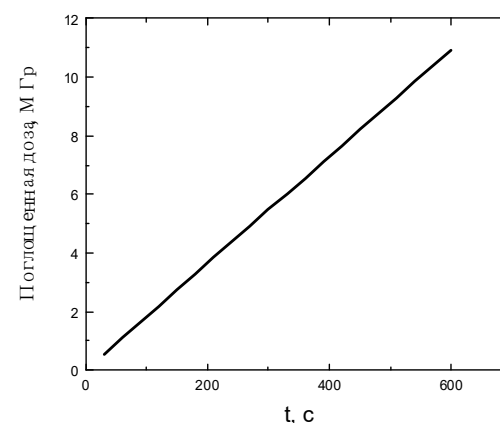


Рисунок 10(32) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,36\text{мкА/см}^2$.

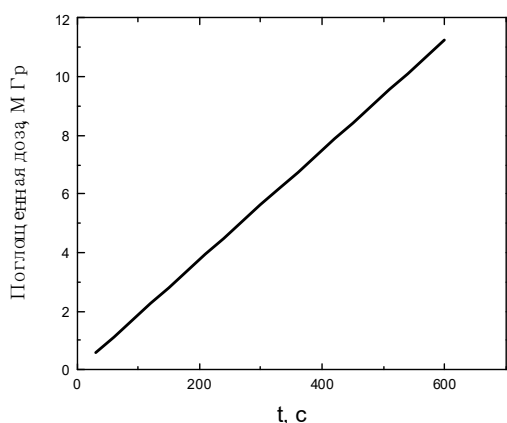


Рисунок 10(33) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,37\text{мкА/см}^2$.

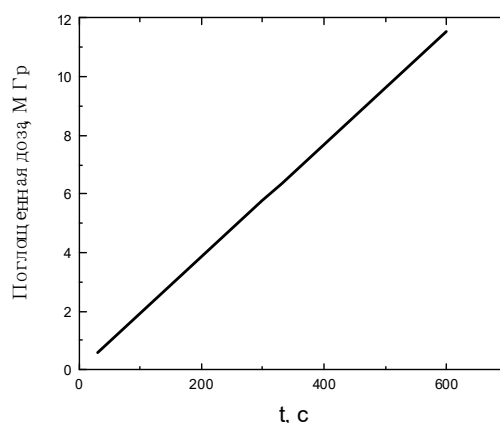


Рисунок 10(34) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,38\text{мкА/см}^2$.

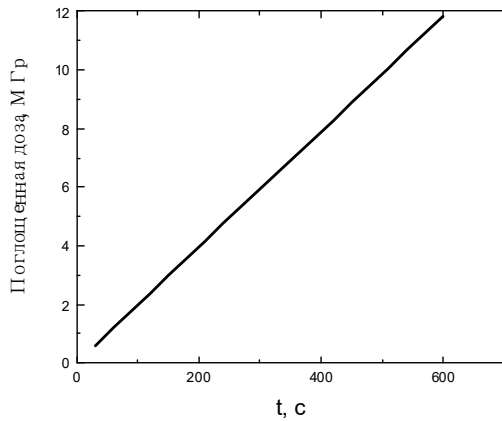


Рисунок 10(35) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,39 \text{ мкА/см}^2$.

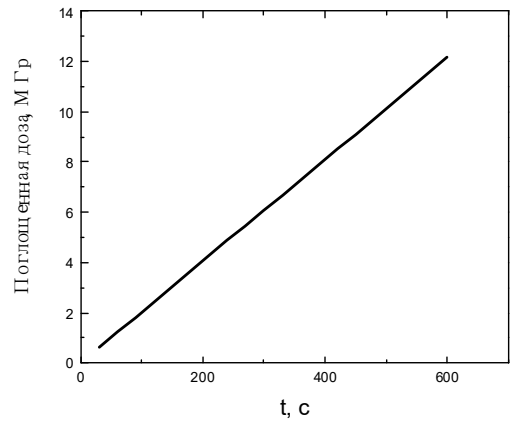


Рисунок 10(36) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,40 \text{ мкА/см}^2$.

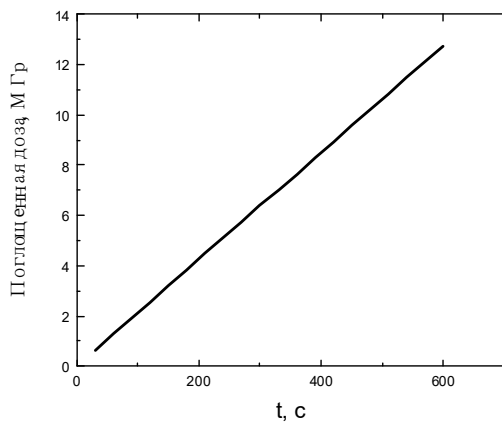


Рисунок 10(37) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,41 \text{ мкА/см}^2$.

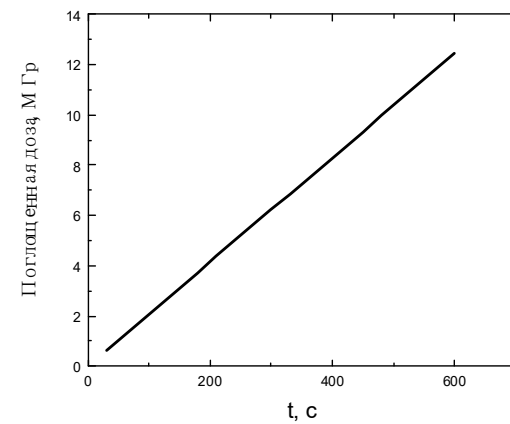


Рисунок 10(38) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,42 \text{ мкА/см}^2$.

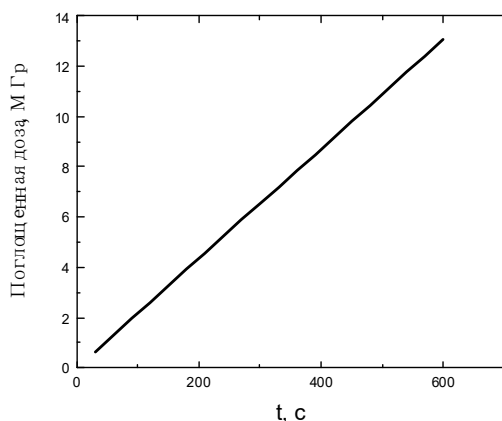


Рисунок 10(39) - Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,43 \text{ мкА/см}^2$.

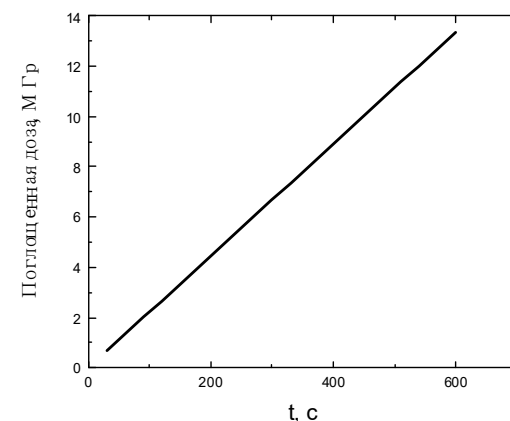


Рисунок 10(40) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка $0,44 \text{ мкА/см}^2$.

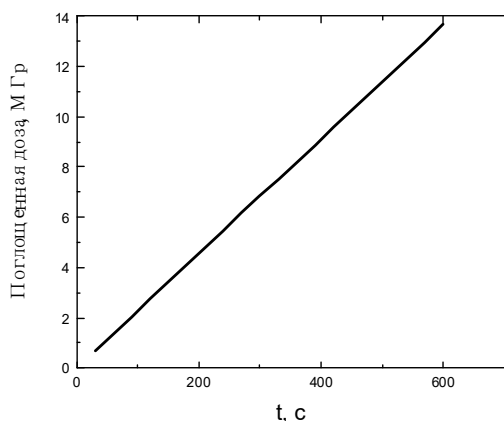


Рисунок 10(41) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,45мкА/см².

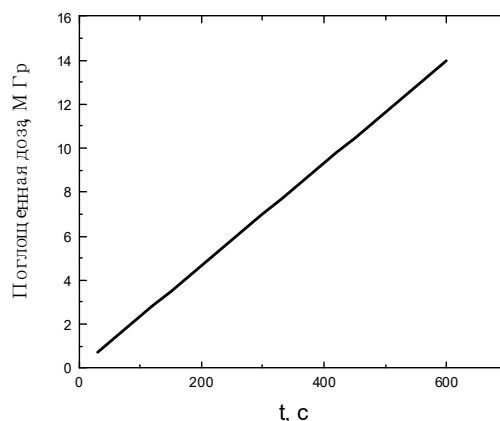


Рисунок 10(42) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,46мкА/см².

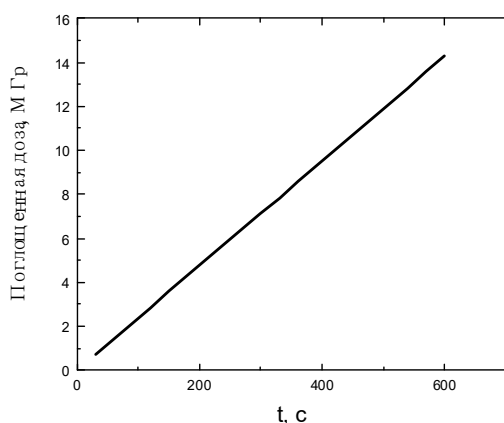


Рисунок 10(43) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,47мкА/см².

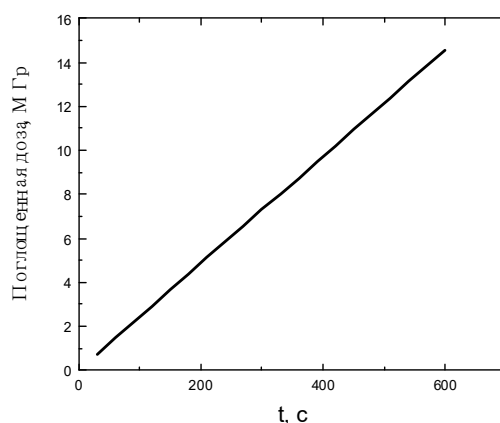


Рисунок 10(44) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,48мкА/см².

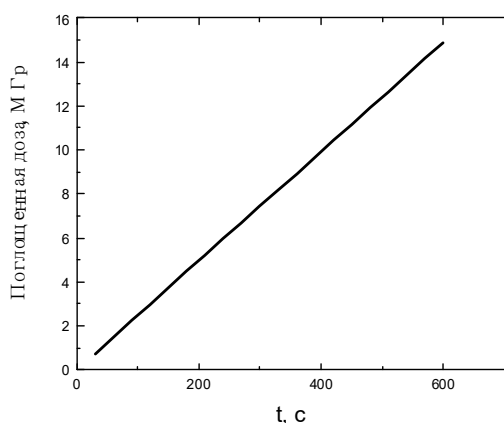


Рисунок 10(45) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,49мкА/см².

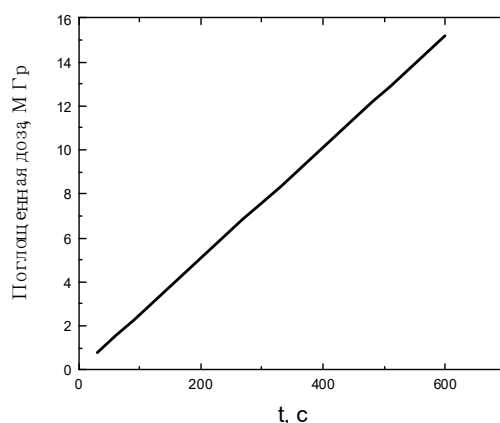


Рисунок 10(46) -Зависимость поглощенной доз протонов от времени облучения при токе пучка 0,50мкА/см².

Заключение

Ионизирующее излучение применяется для модифицирования пленок полимеров. Пленки поливинилиденфторида часто используются для создания протон-проводящих мембран с улучшенными свойствами.

Используя законы Бете-Блоха и Брэгга были рассчитаны поглощенные дозы в пленках поливинилиденфторида толщиной 20 мкм при воздействии на нее пучками α -частиц и протонов с заданными параметрами пучков. Для α -частиц были сделаны расчеты при токе $0,05 \text{ мкА/см}^2$ - $0,5 \text{ мкА/см}^2$ и начальной энергии пучка 15 МэВ, а для протонов были сделаны расчеты при токе $0,05 \text{ мкА/см}^2$ - $0,5 \text{ мкА/см}^2$ и начальной энергии пучка 1,7 МэВ для разных временных интервалов воздействия излучения. Исходя из расчетов видно, что при заданных параметрах ускоренных пучков α -частиц и протонов частицы проходят через пленки ПВДФ толщиной 20 мкм. Полученные зависимости необходимы при проведении экспериментальных работ по облучению пленок ПВДФ на ускорителях с параметрами пучка, используемых при расчетах, представленных в работе.

4 Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Данная работа посвящена исследованию влияния поглощенной доз в пленках ПВДФ(поливинилиденфторид). ПВДФ часто используется для создания протон-проводящих мембран низкотемпературных топливных элементов. Радиационно-химические технологии позволяют получить мембраны с новыми и улучшенными свойствами. При облучения пучках α -частиц и протонов, можно получить пленки ПВДФ, у которых есть хорошая протонная проводимость, механическая прочность и химическая стабильность. Поглощенная доза является основной величиной, который влияет на степени прививки. Заряженные частицы с высокими скоростями могут получаться с помощью ускорителей.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i, \quad (23)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

K_1 : ПВДФ-ПС- HSO_3 . Пленки ПВДФ являются новыми материалами для создания протон-проводящих мембран. У него хорошая механическая прочность и хорошая химическая стабильность. В эксперименте часто используются радиационно-химические технологии для получения полимерных мембран ПВДФ с новыми и улучшенными свойствами. Цена материал ПВДФ

более дешевая. При облучении ионизирующего излучением и процессу сульфирования протонная проводимость и механическая прочность ПВДФ-ПС- HSO_3 увеличивает.

K_2 : МФ-4СК. В рынке широко используется полимерный материал МФ-4СК для протон-проводящих мембран низкотемпературных топливных элементов. Он производится компаний DuPont. У него хорошая протонная проводимость и механическая прочность. Но пленки МФ-4СК имеют недостатки: Высокая цена, трудно производить, процессы сульфирования и синтез очень сложные и трудные.

Для выполнения данного анализа, воспользуемся оценочной картой приведен в таблице 5:

Таблица 5 -Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{k1}	B_{k2}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	4	5	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,083	4	4	0,332	0,332
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,083	4	4	0,332	0,166
3. Помехоустойчивость	0,083	3	3	0,249	0,249
4. Энерго-экономичность	0,083	3	4	0,249	0,332
5. Надежность	0,083	4	4	0,332	0,166
6. Финансирование научной разработки	0,083	3	4	0,249	0,332

7. Безопасность	0,083	4	4	0,166	0,166
8. Потребность в ресурсах памяти	0,083	3	4	0,249	0,332
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,083	4	3	0,332	0,249
10. Простота эксплуатации	0,083	4	4	0,332	0,332
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,083	4	4	0,332	0,332
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,083	4	3	0,332	0,249
Итого	1	78	76	3.486	3.237

Итогом данного анализа, приведенного в оценочно карте сравнения конкурентных технических решений, следует, что, хотя энерго-экономичность, финансирование научной разработки, потребность в ресурсах памяти K_1 хуже, остальные свойства K_1 лучше. Поэтому полная балла можно K_1 выше чем K_2 . Получен вывод, что K_1 лучше чем K_2 .

4.3 SWOT-анализ

SWOT – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT –анализ широко применяется при исследовании внешней и внутренней среды данного проекта. Сильные стороны – это факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону данного проекта. По сравнению с конкурентами мы имеем очень высокие точность и чувствительность, участники данного проекта умеют анализировать полученные результаты с помощью математических методов лучше всех. Слабость – это ограниченность данного проекта, препятствующие достижению его целей. Соответственно простота интерфейса делается плохо. Прямого контакта с источника следует избегать. Возможности я вижу на рынке возможности проникновения в рыке с

помощью высокой точности. Благоприятные рыночные возможности состоят в том, что с развитием промышленного общества в рынке требуют материалов, выполняющих определенные условия. Согласно данному метод даёт возможность исследовать свойства материалов. Отмечены тенденции повышения точности исследования свойства материалов. Угроза – это любая нежелательная ситуация, тенденция или изменение, имеющие разрушительный или угрожающий характер для конкурентоспособности данного проекта в настоящем или будущем времени. При использовании данного приборе нужна радиоактивная защита, которое могут влиять на проникновению рынка данного научно-исследовательского проект [20].

Таблица 6 – SWOT анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Наличие бюджетного финансирования С2. Актуальность тематики С3. Использование современных программ С4. Использование современных специальных установок С5. Оригинальность решения поставленной задачи С6. Наличие всех материалов для исследования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие потенциальных потребителей Сл3. Программное обеспечение с закрытым исходным кодом Сл4. Большая трудоёмкость работы Сл5. Долгое ожидание результатов эксперимента

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на результаты исследования</p> <p>В3. Возможность появления новых методов анализа</p> <p>В4. Расширение лаборатории</p> <p>В5. Возможность улучшения программного обеспечения</p>	<p>Наличие необходимых материалов и оборудования, а также персонала в процессе исследований может способствовать повышению производительности в будущем.</p>	<p>Для повышения производительности и спроса на результаты исследований необходимы квалифицированные кадры среди потенциальных потребителей.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на результаты исследования</p> <p>У2. Развитая конкуренция других научных центров</p> <p>У3. Задержки финансирования</p> <p>У4. Ограничение точности эксперимента</p> <p>У5. Повышение издержек</p>	<p>Основной угрозой является несвоевременное финансирование – может возникнуть нехватка материалов для исследований.</p>	<p>Вследствие несвоевременного финансирования может возникнуть приостановка исследований на некоторое время.</p>

4.4 Планирование этапов и выполнение работ

4.4.1 Планирование этапов работ

Для выполнения и планирования данной работы по теме *расчет поглощенной доз ионизирующего излучения в пленках поливинилитенфторида при заданных параметрах пучка*, сначала нужно ее разделить на несколько частей, то есть различные этапы:

Таблица 7 -Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
----------------	----------	-------------------	-----------------------

Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Руководитель, студент
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент
	3	Выбор методов исследования	Студент, руководитель
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, Консультант, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка приборов для исследования	Руководитель, консультант, студент
	6	Проведение экспериментов	Студент
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент, руководитель
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, консультант, студент
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Студент
Защита отчета	10	Защита ВКР	Студент

В рамках планирования научного проекта необходимо составить расписание календаря для проекта. Для планирования диаграммы Ганта было выбрано, который является гистограммой (гистограмма), который используется для иллюстрации хода выполнения работающая проекта, чтобы увеличить продолжительность времени предмета представлен, в котором начало и эти работы конец даты реализации.

В большинстве случаев затраты на рабочую силу составляли основную часть затрат на разработку, поэтому важно определить загруженность каждого

участника исследования. Сложность исследования заключалась в оценке реализации на экспертных человеко-днях, а вероятностный характер, так как это зависит от многих факторов, рассматриваемых трудно.

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения наученного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов[21]. Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож\ i} = \frac{3 \cdot t_{мин\ i} + 2 \cdot t_{макс\ i}}{5}, \quad (24)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{мин\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы.

$t_{макс\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы.

Таблица 8 -Расчет ожидаемого времени

Работа 1	$t_{ож\ 1} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 1} + 2 \cdot t_{макс\ 1}}{5}$	Работа 6	$t_{ож\ 6} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 6} + 2 \cdot t_{макс\ 6}}{5}$ =7,8
Работа 2	$t_{ож\ 2} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 2} + 2 \cdot t_{макс\ 2}}{5}$ =17	Работа 7	$t_{ож\ 7} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 7} + 2 \cdot t_{макс\ 7}}{5}$ =9,2
Работа 3	$t_{ож\ 3} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 3} + 2 \cdot t_{макс\ 3}}{5}$ =4,2	Работа 8	$t_{ож\ 8} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 8} + 2 \cdot t_{макс\ 8}}{5}$ =7,8
Работа 4	$t_{ож\ 4} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 4} + 2 \cdot t_{макс\ 4}}{5}$ =5,2	Работа 9	$t_{ож\ 9} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 9} + 2 \cdot t_{макс\ 9}}{5}$ =3,6
Работа 5	$t_{ож\ 5} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 5} + 2 \cdot t_{макс\ 5}}{5}$	Работа 10	$t_{ож\ 10} = \frac{3 \cdot t_{мин\ 10} + 2 \cdot t_{макс\ 10}}{5}$

	=10,2		=9,6
--	-------	--	------

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (25)$$

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

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Таблица 9 -Продолжительность одной работы

Работа 1	$T_{p1} = t_{ож1} / Ч_1 = 7 / 1$ = 7	Работа 6	$T_{p6} = t_{ож6} / Ч_6 = 7,8 / 1$ = 7,8
Работа 2	$T_{p2} = t_{ож2} / Ч_2 = 17 / 2$ = 8.5	Работа 7	$T_{p7} = t_{ож7} / Ч_7 = 9,2 / 1$ = 9,2
Работа 3	$T_{p3} = t_{ож3} / Ч_3 = 4.2 / 1$ = 4.2	Работа 8	$T_{p8} = t_{ож8} / Ч_8 = 7,8 / 2$ = 3,9
Работа 4	$T_{p4} = t_{ож4} / Ч_4 = 5.2 / 1$ = 5.2	Работа 9	$T_{p9} = t_{ож9} / Ч_9 = 3,6 / 3$ = 1,2
Работа 5	$T_{p5} = t_{ож5} / Ч_5 = 10.2 / 3$ = 3.4	Работа 10	$T_{p10} = t_{ож10} / Ч_{10} = 9,6 / 1$ = 9,6

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (26)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле[22]:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}}, \quad (27)$$

Где $T_{\text{кг}}$ – количество календарных дней в году;

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{\text{кг}}}{T_{\text{кг}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} = \frac{365}{365 - 104 - 10} = 1,45, \quad (28)$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ T_k нужно округлить до целых чисел.

Результаты расчетов приведены в таблице 12.

Таблица 10 -Временные показатели проведения ВКР

№ ра б.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{min} , чел-дн	t_{max} , чел-дн	$t_{\text{ож}}$, чел-дн	T_p , раб.дн	T_k , кал.дн	$У_i, \%$	$\Gamma_i, \%$
1	Руководитель, студент	5	10	7	7	10.15	11.45	11.45
2	Студент	15	20	17	8,5	12.32	11.54	25
3	Студент, руководитель	3	6	4,2	4,2	6.09	7.29	32.29
4	Руководитель, консультант,	4	7	5,2	5,2	7.54	8.33	40.63

	студент							
5	Руководитель, консультант, студент	7	15	10,2	3,4	4.93	5.21	45.81
6	Студент	5	7	7,8	7,8	11.31	12.50	58.33
7	Студент, руководитель	8	11	9,2	9,2	13.34	14.58	72.92
8	Руководитель, консультант, студент	7	9	7,8	3,9	5.66	9.38	82.29
9	Студент	2	10	3,6	1,2	10.15	2.08	84.38
10	Студент	8	12	3,6	1,2	1.74	15.62	100.00
Итого						96		

4.4.3 Построение графика работ

Построение ленточного графика проведения НИР является наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ в форме диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ[23].

График строится в рамках таблицы 13 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломированы. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 11 -Календарный план проведения НИР

Этапы	Вид работы	Исполнители	t _k	Февраль	Март	Апрель	Мая	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Студент, руководитель	11					
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов по теме	Студент	13					
3	Выбор методов для исследования	Студент, руководитель	7					
4	Календарное планирование работ	Студент, руководитель, консультант	8					
5	Разработка приборов для исследования	Студент, руководитель, консультант	5					
6	Проведение экспериментов	Студент	12					
7	Анализ полученных результатов, выводы	Студент, руководитель	14					
8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, руководитель, консультант	9					
9	Составление пояснительной записки	Студент	2					
10	Защита отчета	Студент	8					

- консультант, - руководитель, - студент-дипломник

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 используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

4.4.5 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{рас } xi}, \quad (29)$$

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

$N_{\text{рас } xi}$ – 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.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблице 14

Таблица 12 -Стоимости материалов в эксперименте

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Бумага	лист	150	2	345
Интернет	М/бит (пакет)	1	350	402,5
Ручка	шт.	1	20	23
Тетрадь	шт.	1	10	11,5
Стирол СДЭБ	кг	1	1	1,15
Толуол	кг	0,5	69	39,675
Хлорсульфоно вая кислота, 99%	кг	0,8	193,6	178,112
NaOH	кг	0,8	50	46
H ₂ SO ₄	кг	0,4	11	5,06
C ₂ H ₄ Cl	литр	0,7	400	322
HCl	кг	1	17	19,55
Итого				1392,397

4.4.6 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Данная работа включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблице[24].

Таблица 13 -Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1.	Циклотрон	1	430	430
2.	СГЭ	1	350	350
Итого:				780

Амортизация оборудования - $Z_{\text{итого}} = 780 \times 1000 \div 5 \div 6 + 3900 = 29900$ Руб

Таким образом, затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ равен 29900 Руб

4.4.7 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл.4.3.3.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (30)$$

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

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

Таблица 14 -Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководител ь	Инжене р	Лаборан т
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуск	48	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251	251

Таблица 15 -Расчёт основной заработной платы

Исполнители	k_t	$Z_{тс},$ руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m,$ руб	$Z_{дн},$ руб.	$T_p,$ раб · дн.	$Z_{осн},$ руб.
Руководитель	1	33000	-	-	1,3	42900	1777	22	39094
Инженер (студент)	1	9000	-	-	1,3	11700	485	72	34920
Итого									74014

4.4.8 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \cdot (Z_{доп} + Z_{доп}), \quad (31)$$

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%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Таблица 16 -Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель проекта	33000
консультант	33000
Студент-дипломник	9000
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3
Итого	22500

4.4.9 Накладные расходы

Накладные расходы – расходы на организацию, управление и обслуживание процесса производства товара, оказания услуги; носят сложный характер, т.е. включают различные экономические элементы затрат.

$$Z_{накл} = 9 \text{ кВт/час} \times 5 \text{ час} \times 60 \text{ дней} \times 5,8 \text{ руб квт/час} = 15660 \text{ руб}$$

4.4.9 Формирование бюджет затрат НИИ

Таблица 17 -Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НИИ	1392, 397
Затраты на специальное оборудование для научных	29900

(экспериментальных) работ	
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	138600
Отчисления во внебюджетные фонды	22500
Накладные расходы	15660
Бюджет затрат НИИ	208052.397

Вывод

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

5. Социальная ответственность

Введение

Данная работа производилась в кафедре общей физики на физико-техническом институте Томского политехнического университета. Тема отчета «Расчет поглощенной дозы ионизирующего излучения в пленках поливинилиденфторида при заданных параметрах пучках». Поливинилиденфторид часто используется для создания протон-проводящих мембран низкотемпературных топливных элементов. При облучения ионизирующего излучения пленки ПВДФ взаимодействуют со стиролом и получить мембраны с улучшенными свойствами. Поэтому для разработки комплекса технических, нормативных, организационных, и правовых мер, минимизирующих негативные последствия планируемой деятельности, особое внимание было уделено безопасности при работе на циклотроне Р-7М и СГЭ.

5.1 Техногенная безопасность

При получении пучки α -частиц и протонов, работа проводилась с помощью ускорителя циклотрон и сверхмощный генератор электронов. Они работают за счет питания от сети переменного тока напряжением 220 В. Это возможно проводит факторы вредные на следующие [25]:

- А) микроклимат
- Б) шум
- В) освещение
- Г) электромагнитное поле
- Г) ионизирующие и электронное излучение

Микроклимат помещений является климатом внутренней среды помещений. Он определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Работы в условиях высокой температуры сопровождаются интенсивными потоотделениями, что приводит к потере водорастворимых витаминов и минеральных солей, обезвоживанию организма, увеличивают частоты дыхания,

вызывают стойкие и серьезные изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, а также оказывают влияния на функционирование других органов и систем – замедляется реакция, ухудшается координация движений, ослабляется внимание и т.д. Поэтому нормальные параметров микроклимата необходимы для удобной работы в рабочей зоне. Необходимо применение защитных мероприятий по способам и средствам защиты от высоких и низких температур, вентиляции и кондиционирования воздуха, системы отопления, искусственное освещение и т.д.

Оптимальные величины показателей микроклимата в рабочей зоне соответствовать с величинами, представлены в таблице[26]:

Таблица 20 -Оптимальные величины показателей микроклимата в рабочей зоне.

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	23–25	22-26	40-60	0,1
Холодный	24-26	21-25	40-60	0,1

Для удобного микроклимата, мы можем принять следующие меры: защиты различных экранов и устройств, рациональная вентиляция и отопление в рабочей зоне, эффективная тепловая изоляция оборудования, удавленное управление и мониторинг.

В лаборатории производство шума является одной важной проблемой в рабочей зоне. Все нежелательный звук человек воспринимает как шум. Физиологии определяют шум как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью.

По частотной характеристике различают шумы: низкочастотные($f < 250 \text{ Гц}$), среднечастотные($250 \text{ Гц} < f < 500 \text{ Гц}$) и высокочастотные($500 \text{ Гц} < f < 8000 \text{ Гц}$). Производственные шумы имеют различные и временные характеристики, которые определяют степени их

воздействия на человека. По санитарным нормам, допустимым уровнем шума принято считать: в дневное время не более 55 децибел (дБ) и не более 40 децибел (дБ) ночью.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шум безопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, проведением строительно-акустических работ, применением средств индивидуальной защиты.

Они могут представлено на следующие:

- 1) Изменение направленности излучения шума,
- 2) Рациональную планировку предприятий и производственных помещений,
- 3) Акустическую обработку помещений
- 4) Применение звукоизоляции.

Другим вредным фактором в эксперименте является отсутствие освещения. «Гигиенические требования к естественному и совмещенному освещению жилья и общественных зданий. СанПин 2.2.1/ 2.1.1.1278.03» определяют наименьшую освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в зависимости от вида производимой деятельности, а СНиП 23-05-95 в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона. Чтобы улучшить условие освещения можно использовать искусственное освещение.

Воздействия электрического напряжения на людей связаны с протеканием тока. Прохождение тока вызывает у человека повреждение и раздражение различных органов. Пороговый не отпускающий ток является 50 Гц (6-16мА) [27]. Для защиты от воздействия электрического тока можно проводить организационные, инженерно-технические и лечебно-профилактические мероприятия.

В эксперименте ускорители частиц воздействуют ионизирующие и электронные излучения на человека и компьютера. Это будет вредный и может привести к повреждению тканей человека. Основные методы для защиты излучения могут быть на несколько: защита временем; защита расстоянием; снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения; экранирование источника и защита рабочего места от излучения. Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок.

5.2 Региональная безопасность

При проведении проектных работ или эксплуатации оборудования законодательство в области охраны окружающей среды предусмотрено действующим природоохранным законодательством.

В эксперименте можно проводить отходы. Которые являются вредным окружающей среды. Например, стирол, хлорсульфованная кислота, соляная кислота и т.д. Стирол и хлорсульфованная кислота используются для получения полимерных мембран с улучшенной протонной проводимости и механической прочности, а соляная кислота используется для измерения мембран ПВДФ. Кроме того, источник пучков тоже являются вредным факторами окружающей среды. Для защиты, надо соблюдать правила лаборатории.

В процессе эксперимента, Для того, чтобы защитить от поверхностных и подземных загрязнения и истощения, отходы могут быть обработаны путем экстракции стирола и толуола. Толуол и стирол, полученные могут быть повторно использован в процессе экстракции. Для защиты литосферы, вы можете экспериментировать в пластиковом складском помещении.

Для защиты просачивания ионизирующего излучения, меры могут быть следующие: Носить специальные одежды для защиты ионизирующего излучения, сохранять расстояние от источника излучения и снизить интенсивность излучения непосредственно в самом источнике излучения.

5.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Чтобы обеспечивать безопасность при работе, необходимо надеть спецодежду правильно, подготовить необходимые инструменты и при обособлении для работы, приготовить рабочий стол. Также необходимо проверить отсутствие внешнего повреждения электрооборудований, наличие и исправность сигнальных, измерительных и контрольных приборов, тумблеров, переключателей, компьютеров и т.п. При выявлении неисправности, необходимо доложить руководителю лаборатории.

Работы с установками ускорители тяжелых заряженных частиц должны провести в чистых помещениях, свободном от пара, пыли, кислоты и щелочи, агрессивного газа и других вредных примесей. Недопустимо наличие открытого огня около приборов.

После работ с установками необходимо: Выйти из программ, отключить питание компьютеров; Закрыть все клапаны контроллеров; Отключить установки ускорители тяжелых заряженных частицы насосы от электросетей; Закрыть вентиль газового баллона; Проверить целостность и закрепление газового баллона, отсутствие утечки газов [28].

5.4 Особенности законодательного регулирования проектных решений

К работе на установки ускорители тяжелых заряженных частиц допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинские противопоказания, прошедшие обучение безопасности труда и инструктаж на рабочем месте.

По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:

1. инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установки спектрометров ЭПА;

2. инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 2000 В;

Документы по воздействию ПЭВМ:

инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ;

- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы;

- ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности;

- ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности;

- ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения.

Микроклимат:

- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении;

- ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [29].

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Пожар являются одним из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС в процессе эксперимента. Это неконтролируемый процесс горения, который развивается во времени и пространстве и опасный для людей и наносящий материальный ущерб. Пожары на производстве возникают по многим причинам, установление которых составляет основу всех мероприятий по пожарной

безопасности. Основные причины возникновения пожара могут быть на следующие:

- 1) Нарушение технологических режимов работы оборудования
- 2) Нарушение порядка хранения пожароопасных материалов.
- 3) Нарушение правил эксплуатации электронного оборудования.
- 4) Неосторожное обращение с открытым огнем, газовыми приборами.
- 5) Самовозгорание веществ и материалов.
- 6) Применение неисправных осветительных приборов.
- 7) Открытый огонь
- 8) Искры и т.д

Когда пожар существует в рабочих зоне. Пространство можно условно разделить на три вида:

Зона горения. В этой части пространстве протекают процессы испарения горючих веществ, термического разложения и материалов в объеме диффузионного факела пламени. Эта зона может быть ограничена зданиями, стенами технологических установок. Наличие пламени тлеющих или раскаленных материалов является внешним признаком зоны активного горения.

Зона теплового воздействия- Это пространство вокруг зоны горения, в котором температура в результате теплообмена достигает значений, вызывающих разрушающее воздействие на окружающие предметы и опасных для человека.

Зона задымления- Это часть пространства, которая промыкается к зоне горения и заполняется дымовыми газами в концентрациях, создающих видимость предметов составляет 6-12м, концентрация кислота не менее 17%. Это пространство не представляет опасности для людей.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, закрыть установку эксперимента, отключить электрооборудование и позвонить в пожарную службу по номеру телефона 01 или 010, сообщите об этом инциденту менеджеру агрегата и начните тушить пожар первичными средствами пожаротушения.

Плотность размещения элементов электронных схем в современных ЭВМ очень высокая. Соединительные провода, коммутационные кабели, элементы электронных микросхем располагаются в непосредственной близости друг от друга. При протекании по ним электрического тока выделяется определенное количество теплоты, который может увеличить температуру до 80 – 100 °С. Это возможно расплавить изоляции, и в результате привести короткое замыкание. Используйте внутренние вентиляторы для защиты избыточной теплоты в ЭВМ.

Напряжение к электроустановкам подается по кабельным линиям является другим особой пожарной опасности. Особенности выполняемых в них технологических процессов определяют пожарную опасности производственных зданий и помещений.

Согласно классификации производств по пожарной опасности (ППБ-03), в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества помещения делятся на категории А, Б, В, Г, Д. Данное помещение относится к категории В, поскольку горючие вещества и материалы находятся в твердом состоянии без выделения пыли.

Отделы ПЭВМ играют главную роль для защиты пожаров на начальных стадиях. Они высокоэффективные и могут сохранять электронные оборудования[30].

Благодаря диэлектрическим свойствам углекислого газа, когда пожар существует в помещении, если не может удасться обесточить электроустановку сразу, можно использовать эти огнетушители, чтобы безопасно.

Для предотвращения возникновения пожара с работниками здания проводятся специальные семинары, на которых происходит знакомство с основами противопожарной безопасности и обучение работе с первичными средствами пожаротушения.

План эвакуации изображает на рисунке:



Рисунок. 14 – План эвакуации при пожаре

Вывод

Рассмотрен безопасности и гигиены труда при осуществлении работ с помощью установки ускорителя тяжелых заряженных частиц, были выявлены вредные и опасные факторы рабочей зоны, причины и средства защиты, рассмотрены чрезвычайные ситуации и поведение в них.

Список использованных источников

1. Взаимодействие излучений с веществом— [электронный ресурс]. режим доступа: <http://teachmen.ru/work/interaction/>
2. Беспанов В. И. Взаимодействие излучения с веществом: Томск: Изд. ТПУ-370 с.
3. Денисов С.П. Ионизационные потери энергии заряженных частиц: МГУ, 1999, pdf- 96 с.
4. Взаимодействие альфа частиц с веществом—[электронный ресурс]. режим доступа: <http://nuclab1.phys.spbu.ru/common/71.pdf>- 45 с.
5. Пробег заряженных частиц в веществе---[электронный ресурс]. режим доступа: http://info.sernam.ru/book_jphis.php?id=34.
6. Бекман И.Н. Взаимодействие излучения с веществом: Москва, 2010-124 с.
7. Мултановский В. В. Василевский А. С. Курс теоретической физики: Квантовая механика: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов.— М.: Просвещение, 1991. -704 с.
8. Ремизович В.С, Рогозкий.Д.Б, Рязанов. М.И. Аналитическое описание торможения быстрых заряженных частиц в веществе: МИФИ-Москва, 1986, УДК 539. 129. 04.-240 с.
9. Дозы излучения и единицы измерения- [электронный ресурс]. Режим доступа: http://nuclphys.sinp.msu.ru/radiation/rad_5.htm
10. Топливный элемент/ ячейка-Преимущества топливных элементов/ ячеек-[электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.intech-gmbh.ru/energy_units.php.

11. Топливные элементы низкотемпературные -[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://chem21.info/info/875254/>

12. Пирский Ю.К. Низкотемпературные топливные элементы: проблемы и перспективы: 2013г. pdf-34 с.

13. Тема 6. Низкотемпературные топливные элементы для мобильных систем-[электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eef.misis.ru/sites/default/files/lectures/6-6-6.pdf>-8 с.

14. Сергей Асмаков, Топливные элементы: год надежд. - [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://compress.ru/article.aspx?id=9652>

15. Абрашитов Э.Ф. Бокун В.Ч. Крицкая Д.Ф. Сангинов Е.А. Пономарев А.Н., Доюровольский. Синтез и транспортные свойства протон-проводящих мембран на основе пленок поливинилиденфторида с введенным и сульфированным полистиролом: 142432, Черноголовка, Московская обл, промп, ак Семенова, 1, Россия, 2011г.-6с.

16. Лань Янь, Чэнь Чэн, Чжан Сужен, Н. И. Гохуа, Чен Лонгвей, Янг Гуанцзе. Плазмоустойчивый стирол, привитый на поверхность порошка политетраурозэтилена для мембраны протонного обмена. Япония и Китай/ 2011г.-5 с.

17. Мохамед Махмуд Насеф, Хамдани Саиди, Ахмед Мохтар Дессоуки, Эман Мохамед Э.И.-Неср: Радиационно-индуцированная прививка стирола на пленки из политетрафторэтилена (ПТФЭ). I. Влияние условий прививки и свойств привитых пленок, 2000г.-48 с.

18. Иванчев С.С. Мякий С.В. Полимерные мембраны для топливных элементов: получение, структура, модифицированное, свойства. Россия:2007г-18 с.

19. Ма Джун, Ху Говэнь, Пэн Джинг, Ванг Ю, Ди Маолин, Ли Джиуджианг. ПВДФ на основе обмена синтеза смолы амфотерных ионов и свойства излучения: Китай, Химия и молекулярная инженерия, Пекинский университет, 2012г-7 с.

20. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.

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

22. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.

23. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

24. Сущность методики FAST в области ФСА [Электронный ресурс] <http://humeur.ru/page/sushhnost-metodiki-fast-v-oblasti-fsa>.

25. .P. Hautojarvi, C. Corbel, in: Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi", Course CXXV, Ed. A. Dupasquier, A.P. Mills, IOS Press, Varenna 1995, p. 491.

26. R. Krause-Rehberg and H. S. Leipner, Positron Annihilation in Semiconductors (Springer, Heidelberg, 1999).

27. P. Asoka-Kumar, K. G. Lynn, and D. O. Welch, J. Appl. Phys. 76, 4935 (1994).

28. R. N. West, in: Positron in Solids, Topics in Current Physics vol., 12, Ed. P. Hautojarvi, Springer-Verlag, Berlin 1979, p. 89.

29. R. Suzuki, Y. Kobayashi, T. Mikado, H. Ohgaki, M. Chiwaki, T. Yamazaki, and T. Tomimatsu, Jpn. J. Appl. Phys. B 30, L532 (1991).

30. K. Saarinen, J. Nissila, P. Hautojärvi, J. Likonen, T. Suski, I. Grzegory, B. Lucznik, and S. Porowski, Appl. Phys. Lett. 75, 2441 (1999).