

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии»
Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование зависимости диэлектрических свойств новых электроизоляционных материалов от дозы облучения

УДК 621.315.616.9:539.16

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6А	Роман Матиас Родриго		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дорофеева Л.И.	к.ф.-м.н.		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения
Профессиональные компетенции	
P1	Способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение.
P2	Готовность к созданию новых методов расчета современных физических установок и устройств, разработке методов регистрации ионизирующих излучений, методов оценки количественных характеристик ядерных материалов.
P3	Способность применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области.
P4	Способность самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования
P5	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения.
P6	Способность провести расчет, концептуальную и проектную проработку современных физических установок и приборов
Общекультурные компетенции	
P7	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Институт ФТИ
Направление подготовки 14.04.02 «Ядерная физика и технологии»
Кафедра Техническая физика

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ «___» Л. И. Дорофеева

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6А	Роман Матиас Родриго

Тема работы:

Исследование зависимости диэлектрических свойств новых электроизоляционных материалов от дозы облучения	
Утверждена директором ФТИ	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Исследовать материал политетрафторэтилена 4МБК по физико-механическим и диэлектрическим характеристикам, и как на данный материал влияет ионизирующее излучение.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Исследуемый материал Измерительная аппаратура и испытательное оборудование Результаты исследований и испытаний
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент кафедры «Менеджмент» М.В. Верховская
Социальная ответственность	Ассистент кафедры «Прикладная физика» Т.С. Гоголева
Часть на иностранном языке	Старший преподаватель кафедры иностранных языков ФТИ У. А. Смирнова.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Research of dielectric properties dependence of new electrical insulating materials on radiation exposure	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6А	Роман Матиас Родриго		

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

Школа Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки 14.04.02 «Ядерные физика и технологии»
 Уровень образования Магистратура
 Отделение школы Отделение ядерно-топливного цикла
 Период выполнения Весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Разработка технического задания	20
	Составление и утверждение технического задания	20
	Разработка календарного плана	20
	Сбор и изучение научно-технической литературы	20
	Подготовка для проведения эксперимента и написание	20
	Проведение эксперимента	20
	Выполнение расчётов и анализа данных	20
	Обобщение и оценка результатов	20
	Анализ и обработка полученных результатов	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дорофеева Л.И.	к.ф.-м.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6А	Роман Матиас Родриго

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Изотопные технологии и материалы

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Норматив заработной платы 2. Стоимость расходных материалов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	1 Коэффициенты для расчета заработной платы

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование управления научно-техническим проектом	1. Иерархическая структура работ проекта 2. Контрольные события проекта
2. Бюджет научного исследования	3. Расчет материальных затрат 4. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных 5. Основная заработная плата исполнителей темы 6. Отчисления на социальные нужды 7. Накладные расходы 8. Формирование бюджета затрат

Перечень графического материала

1. Иерархическая структура
2. Контрольные события проекта
2. Календарный план–график выполнения ВКР

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6А	Роман Матиас Родриго		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
0АМ6А	Роман Матиас Родриго

Школа	ИЯТШ	Отделение	ОЯТЦ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии/ Изотопные технологии и материалы

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	<ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующее излучение); – опасных проявлений факторов производственной среды (механической, электрической и пожарной природы).
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	<ul style="list-style-type: none"> – требования охраны труда при работе на ПЭВМ с разрывной машиной РМИ 250, ячейкой измерительной ИЯ-2Т, универсальным измерителем LRC Agilent E4980A, дифференциальным сканирующим калориметром ДСМ-2М; – электробезопасность; – пожаробезопасность; – механическая опасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6А	Роман Матиас Родриго		

Реферат

Выпускная квалификационная работа магистра содержит 95 с., 24 рис., 22 табл., 17 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: политетрафторэтилен 4 МБК, облучение образцов, гамма-установка, физико-механические испытания, диэлектрик, тангенс угла диэлектрических потерь, диэлектрическая проницаемость, дифференциальный сканирующий микрокалориметр, гамма-излучение.

Объектом исследования – является материал политетрафторэтилен 4 МБК и испытание его по физико-механическим характеристикам после облучения.

Цель работы – оценка радиационной стойкости материала политетрафторэтилена 4 МБК по физико-механическим и диэлектрическим характеристикам.

В процессе исследования проводилось исследование изменений в структуре материала после облучения на гамма-установке.

В результате исследования были получены зависимости физико-механических характеристик и определены возможности применения данного материала в той или иной зоне ионизирующего излучения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: фторопласты отличаются коррозионной, химической и радиационной стойкостью благодаря наличию в структуре большого количества атомов фтора.

Область применения: кабельная промышленность, атомная промышленность, оборонная промышленность, космос.

Экономическая эффективность/значимость работы: политетрафторэтилен 4МБК К является отечественной разработкой и по своим свойствам и радиационной стойкости может конкурировать со многими иностранными разработками цена которых в разы выше данного материала.

В будущем планируется разработать рекомендации по местам прокладки кабельных сборок в ядерных реакторах, в зависимости от поля излучения.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

ИСР – Иерархическая структура работ

ИИ – Ионизирующее излучение

ТПУ – Томский политехнический университет

НТИ – Национальная технологическая инициатива

ФМ – Консультант раздела «Финансовый менеджмент»

СО – Консультант раздела «Социальная ответственность»

ИЧ – Консультант по иностранной части

НИР – Научно-исследовательская работа

ССБТ – Системы стандартов безопасности труда

ГОСТ – Межгосударственный стандарт

ПВЭМ – питатель вибрационный электромагнитный.

Содержание

Введение.....	13
1. Обзор литературы	14
1.1. Влияние ионизирующих излучений	14
1.2. Измерение ионизирующих излучений	16
1.3. Кабели и материалы в ядерных энергетических установках	17
1.4. Типы кабельного покрытия	19
1.5. Политетрафторэтилен	21
2. Методы исследования	22
2.1. Испытание на разрыв при растяжении	22
2.2. Нахождение тангенса диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости.....	24
2.3. Испытание образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре.....	28
3. Расчеты, аналитика и результаты проведенного исследования.....	30
3.1. Образец для испытания на разрыв при растяжении	30
3.2. Расчет для испытания на разрыв при растяжении	31
3.3. Образец для определения тангенса угла диэлектрических потерь	34
3.4. Расчет для определения тангенса угла диэлектрических потерь	35
3.5. Образец для испытания образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре.....	38
3.6. Расчет для испытание образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре.....	39
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	42
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	42
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	42
4.1.2. SWOT-анализ	47
4.2. Планирование управления научно-техническим проектом	52
4.2.1. Иерархическая структура работ проекта	52
4.2.2. Контрольные события проекта.....	54
4.3. Бюджет научного исследования.....	56
4.3.1. Расчет материальных затрат.....	56
4.3.2. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных	57

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы	59
4.3.4. Отчисления на социальные нужды	61
4.3.5. Накладные расходы	61
4.3.6. Формирование бюджета затрат	62
4.4. Организационная структура НТИ	62
4.5. Матрица ответственности	63
4.6. Оценка сравнительной эффективности исследования.....	65
4. Социальная ответственность	67
4.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов	68
4.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПВЭМ и установке	70
4.2.1. Организационные мероприятия	70
4.3. Электробезопасность.....	76
4.4. Пожарная и взрывная безопасность.....	78
Заключение	81
Список использованных источников:	82
Приложение А	84

Введение

Использование ионизирующей радиации основано на взаимодействии радиоактивного излучения с веществом и его поведении в таком взаимодействии. Радиоактивные материалы и ионизирующее излучение широко применяются в медицине, промышленности, сельском хозяйстве, преподавании и научных исследованиях. Ионизирующее излучение используется в радиодиагностике, лучевой терапии и ядерной медицине.

В промышленности пригождается способность радиации проходить сквозь объекты и материалы, поскольку эти частицы можно быстро и точно измерить, получив точную информацию об их пространственном и временном распределении.

Примеры наиболее значительных способов применения ионизирующего излучения в промышленности – это стерилизация материалов, сцинтиграфия, промышленная радиография для проверки сварных соединений в трубах, детекторы безопасности и сканеры в аэропортах, детекторы дыма, детекторы утечки в трубопроводах и радиоуглеродный анализ для точного определения возраста различных материалов.

Компоненты такого оборудования плотно взаимодействуют с отдельными частицами, поэтому изучение изменения различных свойств используемых материалов так важно.

Одним из наиболее значимых материалов являются диэлектрики, которые отвечают за изоляцию проводников, переносящих энергию и информацию и являющихся важной частью автоматизации. Поэтому для улучшения диэлектрических материалов необходимо изучить их взаимодействие с различными дозами ионизирующего излучения.

В этом проекте будут изучены физико-механические, диэлектрические и термические свойства Политетрафторэтилена 4 МБК.

1. Обзор литературы

1.1. Влияние ионизирующих излучений

При наблюдении электромагнитного спектра мы можем понять, что он разделен на две большие группы, первая из которых имеет длинную длину волны (ультрафиолет, видимый свет, инфракрасные, микроволны, радиоволны, диапазон радиовещания). Этот тип излучения называется неионизирующим излучением.

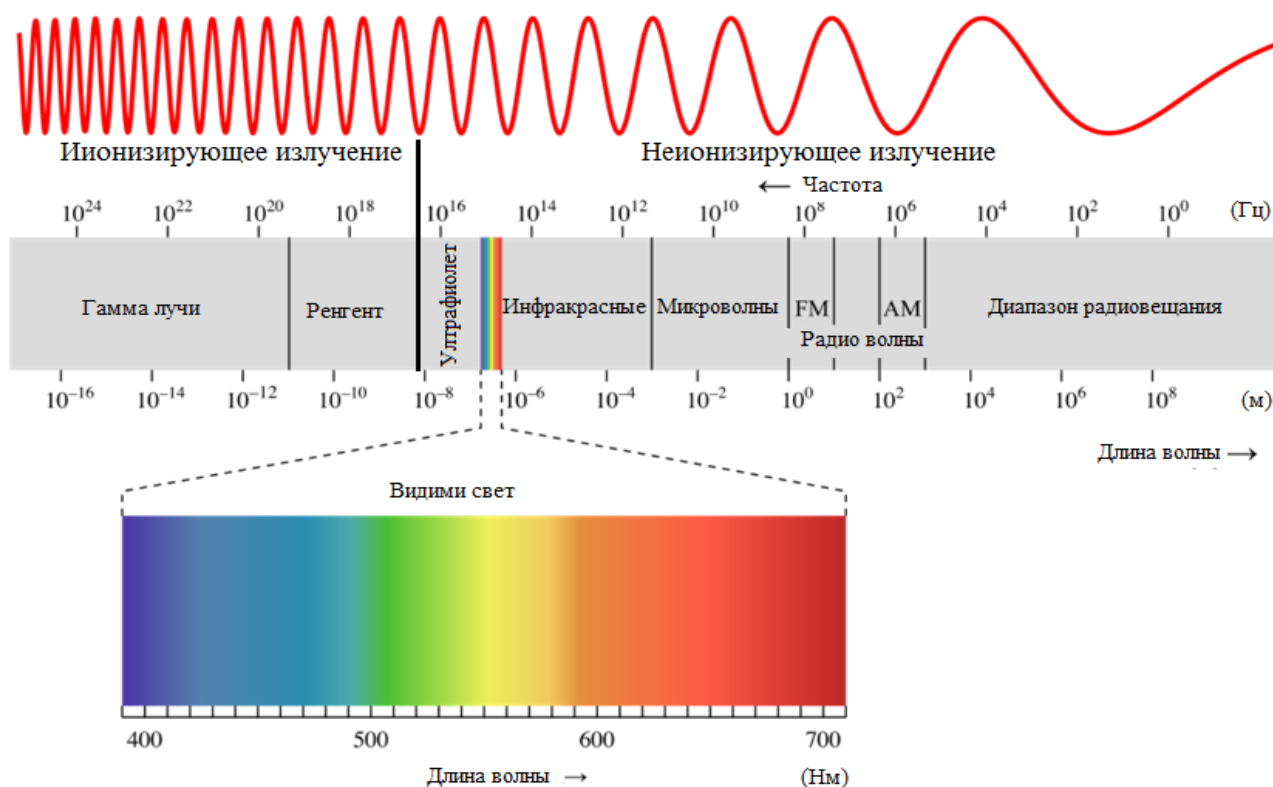


Рисунок 1. Электромагнитный спектр

Ионизирующими излучениями называются такие различные виды микрочастиц или виды лучистой энергии, которые, попадая в определенные среды или проникая через них, производят в них ионизацию. Ионизирующее излучение представляет собой тип энергии, выделяемой атомами в виде электромагнитных волн (гамма-лучей или рентгеновских лучей) или частиц (альфа-, бета-частиц или нейтронов)

Ионизирующее излучение является характерным для многих атомов, в ядрах которых число нейтронов мало или слишком велико, что делает их неустойчивыми. Эти атомы называются «радиоактивными». В них ядерные

связи преобразуются в поисках более стабильных конфигураций, в то же время выделяя энергию, связанную с ионизирующим излучением. Различные ИИ имеют различную проникающую способность из-за взаимодействия с различными материалами или веществами, участвующих в торможении частиц и их свойств, таких как масса и заряд частиц. Они могут быть четырех основных типов:

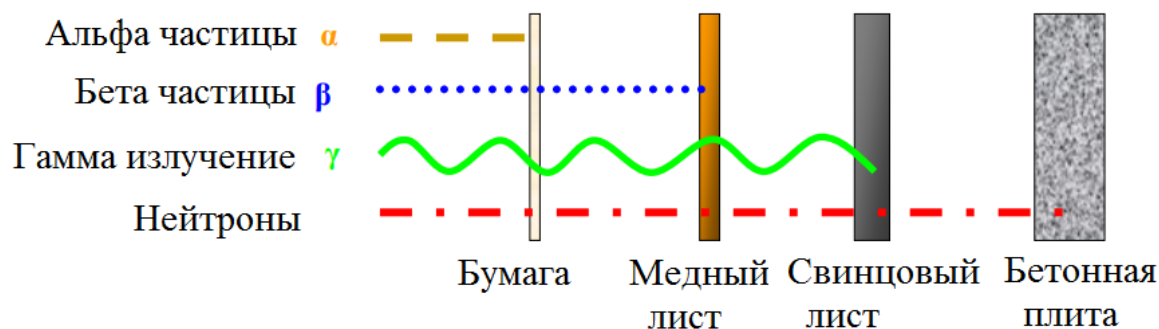
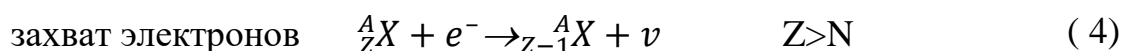
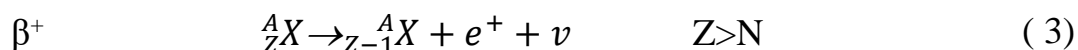
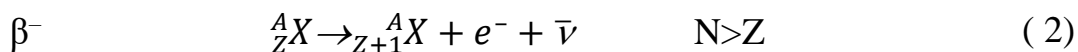


Рисунок 2. Проникающая способность

Альфа-частицы (α) состоят из двух протонов и двух нейтронов, с ограниченной способностью проникновения в вещество, но с большой интенсивностью энергии. Представленная ниже реакция описывает способ получения альфа-частиц (α).



Бета-частицы (β) представляют собой электроны или позитроны, образующиеся в процессе превращения в ядре нейтрона в протон или наоборот, они несколько более проникающие, хотя и менее интенсивные.



Гамма-излучение (γ) является электромагнитным излучением из самого конца энергетического спектра, поэтому оно обладает большой проникающей способностью.

Нейтроны не имеют электрического заряда, поэтому отсутствие кулоновского взаимодействия нейтронов с ядрами атомов и электронами вещества приводит к большой проникающей способности нейтронов.

1.2.Измерение ионизирующих излучений

Ионизирующие излучения невидимы, бесшумны, без запаха, безвкусны и неосязаемы, то есть, мы не можем их обнаружить своими чувствами. Однако они могут быть обнаружены и измерены различными прямыми и косвенными методами.

Неспособность обнаружить такие излучения с помощью наших органов чувств может привести к мысли, что их не существует или что они никак не влияют на вещество. Их существование можно распознать по результатам их воздействия, их способности ионизировать вещество и поглощаться им.

Величины и их соответствующие единицы измерения, чаще всего используемые для измерения ионизирующей радиации и радиоактивных соединений:

Радиоактивная активность — это число элементарных радиоактивных распадов в единицу времени, фундаментальной единицей измерения радиоактивной активности является беккерель (Бк), находящийся в Международной системе единиц.

Поглощенная доза. Ионизирующие излучения взаимодействуют с веществом, осаждают в нем энергию, производя ионизацию и, следовательно, производят изменения в молекулах. Отношение поглощенной энергии излучения к массе веществ называется поглощенной дозой. Энергия в Международной системе измеряется в джоулях (J) и массе в килограммах (кг), поэтому поглощенная доза будет измеряться в Дж/кг, единица, известная как Грей (Гр). Рад (от английского «radiation absorbed dose» - «доза поглощенной радиации») также является единицей поглощенной дозы. Эквивалентность $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр}$.

Эквивалентная доза представляет собой физическую величину, которая описывает относительное влияние различных типов ионизирующего излучения на живые ткани. Единицей его измерения является зиверт (Зв). Эквивалентная доза представляет собой большую биологическую ценность, чем поглощенная доза. Эквивалентную дозу рассчитывают путем умножения поглощенной дозы на специальный коэффициент.

Эффективная эквивалентная доза — «величина, используемая в радиационной безопасности как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности» [1].

Устройства для обнаружения и измерения ионизирующего излучения основаны на явлениях взаимодействия излучения с веществом. Принимая во внимание их функциональность, измерительные приборы можно классифицировать как детекторы излучения или дозиметры.

Радиационные детекторы — это приборы прямого считывания, обычно переносные, которые указывают скорость излучения, то есть дозу, получаемую за единицу времени. Эти приборы полезны для измерения радиоактивности окружающей среды или радиоактивного загрязнения. Большинство из этих измерителей ионизирующего излучения основаны на следующих явлениях: ионизации газа, возбуждении люминесценции или полупроводниковых детекторах.

Дозиметры являются измерителями излучения, предназначенными для измерения дозы облучения, накопленной за определенный период времени и обычно используются для измерения дозы облучения облученного персонала или для тех, кто остается в районах, где существует риск облучения. В соответствии с принципом работы это могут быть: ионизационная камера, фотопленка или термолюминесценция.

1.3. Кабели и материалы в ядерных энергетических установках

«В ЯЭУ содержатся тысячи километров электрического кабеля и провода из нескольких сотен различных типов и размеров по всему заводу. Передача

информации от различных датчиков к системе автоматического регулирования и подвод электропитания к различным приборам выполняются с помощью кабелей внутри атомной электростанции» [2].

Типичная конструкция кабелей в ЯЭУ показана на следующих рисунках:

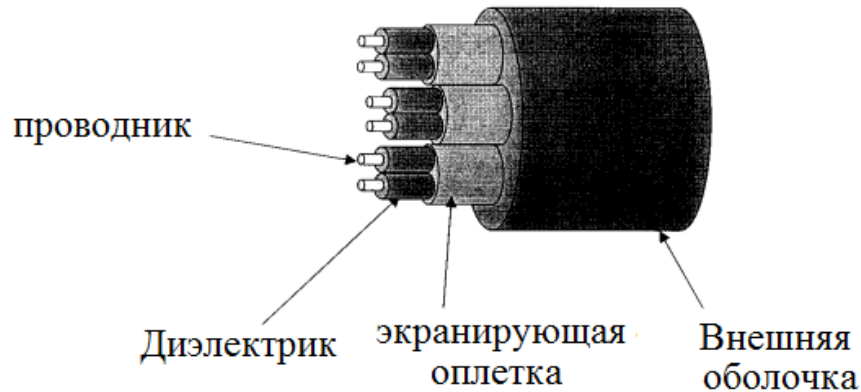


Рисунок 3. Кабели на основе экранированной витой пары

Датчики температуры сопротивления, датчики давления и удлинители термопары обычно имеют кабели на основе экранированной витой пары.

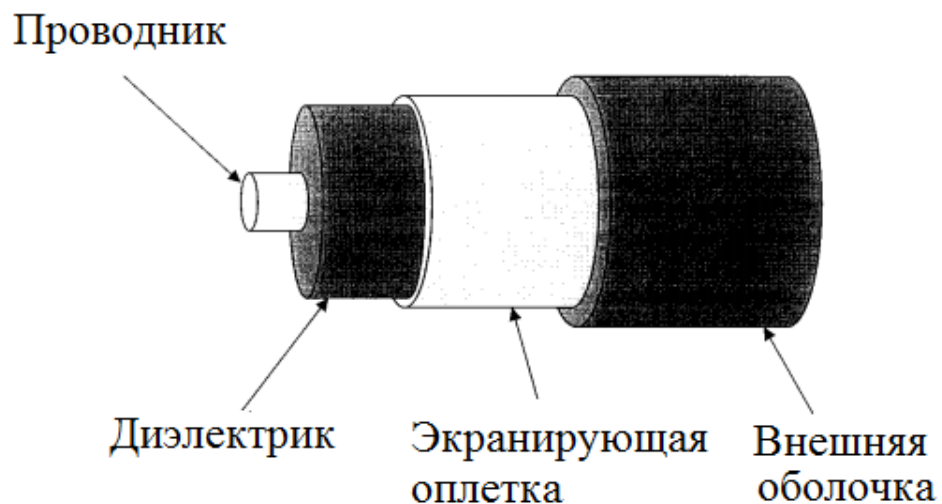


Рисунок 4. Коаксиальный кабель

Системы обнаружения ионизирующего излучения и контроля нейтронов часто используют коаксиальные конфигурации.

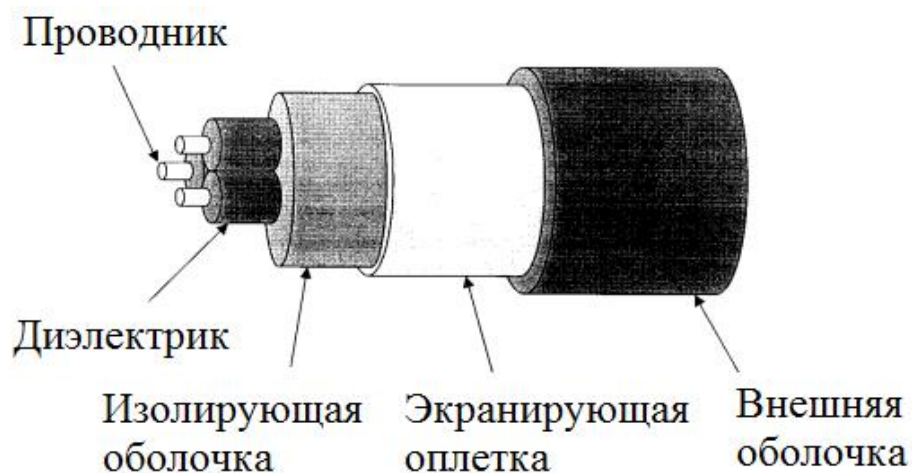


Рисунок 5. Многожильный экранированный кабель с защитным шлангом
 «Многожильный экранированный кабель с защитным шлангом - это низковольтный тип с низкой ёмкостью тока. Он используется в цепях управления для вспомогательных компонентов, таких как переключатели управления, клапанные операторы, реле и контакты» [2].

1.4. Типы кабельного покрытия

Для защиты от экологических, климатических условий, контактов с агрессивными агентами и манипуляций проводники необходимо изолировать. Изоляторы разделяются на две основные группы: реактопласты и термопласты.

Реактопласты относятся к набору материалов, образованных полимерами, соединенными химическими связями, которые приобретают высокосшитую конечную структуру. Высокосшитая структура термореактивных материалов напрямую отвечает за высокое механическое и физическое сопротивление (напряжение или нагрузка, температура), из-за которых эти материалы сравнивают с термопластичными. На самом деле, напротив, речь идет о высокосшитой структуре, которая обеспечивает низкую эластичность, обеспечивая упомянутые материалы своей характерной хрупкостью.

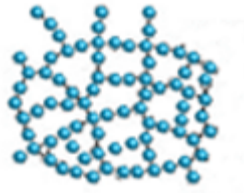


Рисунок 6. Реактопласт

Одним из негативных аспектов термореактивных материалов является отсутствие у них способности к рециркуляции. С учетом того, что после их затвердевания невозможно вернуться к жидкой фазе материала, термостойкие материалы обладают свойством не плавиться или деформироваться при повышении температуры. Наиболее распространенными являются: этилен-пропилен, полиэтилен с изоляцией из сшитого полиэтилена, этилвинилацетат, силикон, натуральный каучук.

Термопласты относятся к набору материалов, которые образуются полимерами, которые связаны между собой молекулярными силами или силами Ван-дер-Ваальса. В зависимости от степени межмолекулярных сил, возникающих между полимерными цепями, они могут принимать два разных типа структур: аморфные структуры или кристаллические структуры.

Полимерные цепи приобретают сложную структуру, подобную беспорядочной нити, эта аморфная структура непосредственно отвечает за упругие свойства термопластичных материалов.

Полимерные цепи приобретают упорядоченную и компактную структуру. Указанная кристаллическая структура непосредственно ответственна за механические свойства фронтов сопротивления в зависимости от напряжений или нагрузок, а также от температуры сопротивления термопластичных материалов.

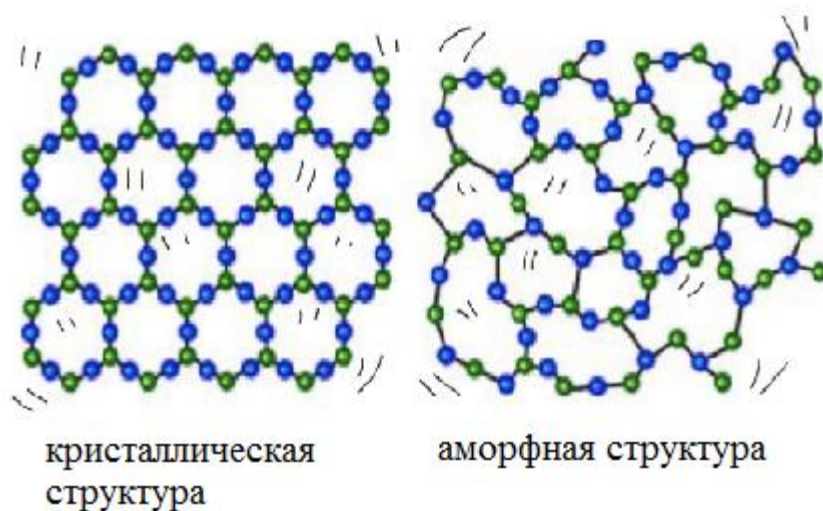


Рисунок 7. Термопласт

Их физические свойства постепенно изменяются, если они плавятся несколько раз, эти свойства обычно уменьшаются при ослаблении связей. Наиболее часто используются: полиэтилен, полипропилен, полибутилен, полистирол, полиметилметакрилат, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат, политетрафторэтилен и полиамиды.

1.5. Политетрафторэтилен

Фторполимеры не восприимчивы к силе Ван-дер-Ваальса в виде углеводородов. Это способствует сохранению их антипригарных свойств и снижению трения. Кроме того, они устойчивы из-за стабильности множественных углерод-фторсодержащих связей в их химическом соединении.

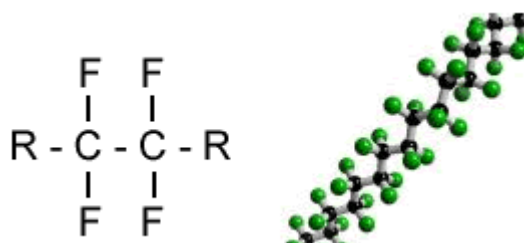


Рисунок 8. Политетрафторэтилен

Политетрафторэтилен обладает отличными свойствами, такими как химическая инертность, термостойкость (как высокая, так и низкая), электроизоляционные свойства, низкий коэффициент трения (статический 0,08 и динамический 0,01) и антипригарное свойство в широком диапазоне температур (от -260° до 260 °С).

Политетрафторэтилен обладает отличными электрическими свойствами, такими как высокое сопротивление изоляции, низкая диэлектрическая постоянная и низкий коэффициент рассеивания. На политетрафторэтилен влияет радиация, его деградация в воздухе начинается в дозе 0,02 Мрад.

2. Методы исследования

2.1. Испытание на разрыв при растяжении

Методы определения механических свойств материалов требуют применения испытательных машин различных типов.

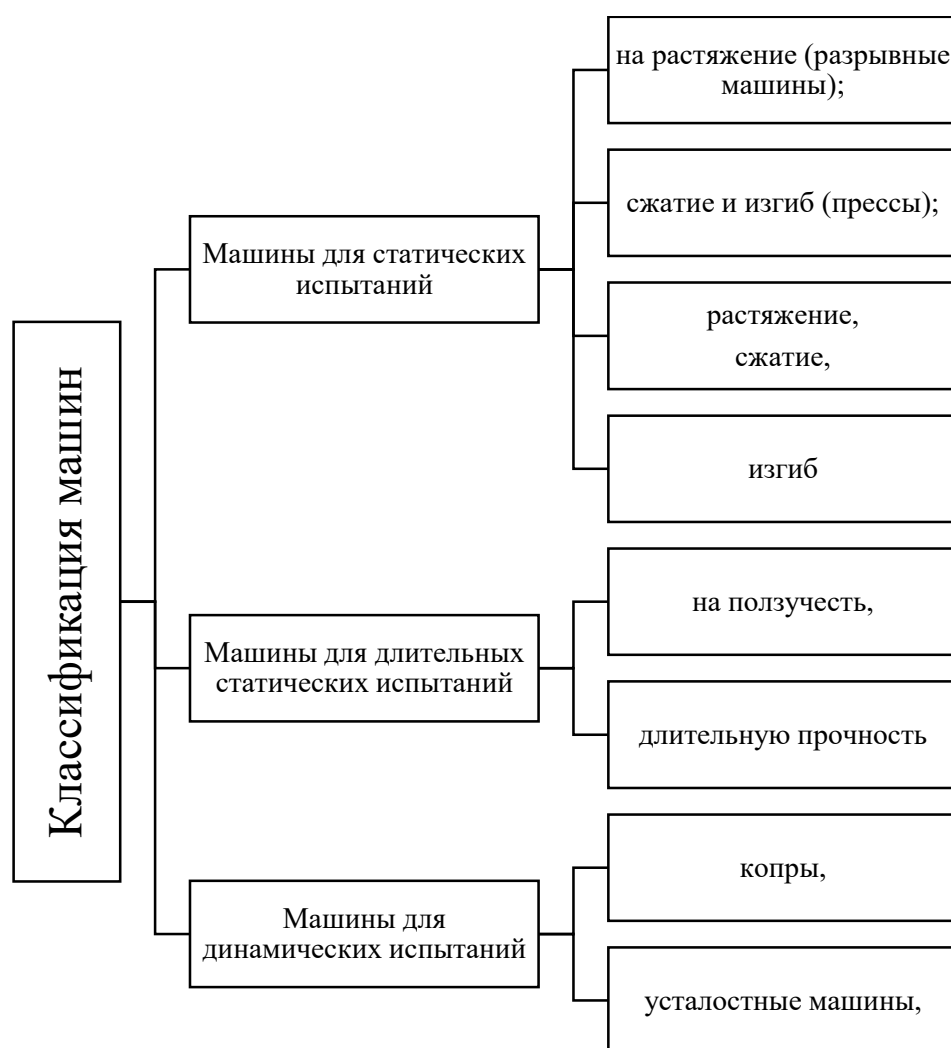


Рисунок 9. Классификация машин для определения механических свойств

Наиболее важной характеристикой кабельного покрытия проводника является ее растяжимость, поэтому необходимо соответствующее испытание.

Испытание на растяжение проводится с использованием разрывной машины, которая подвергает образец воздействию растягивающего напряжения на растяжение до момента его разрыва.

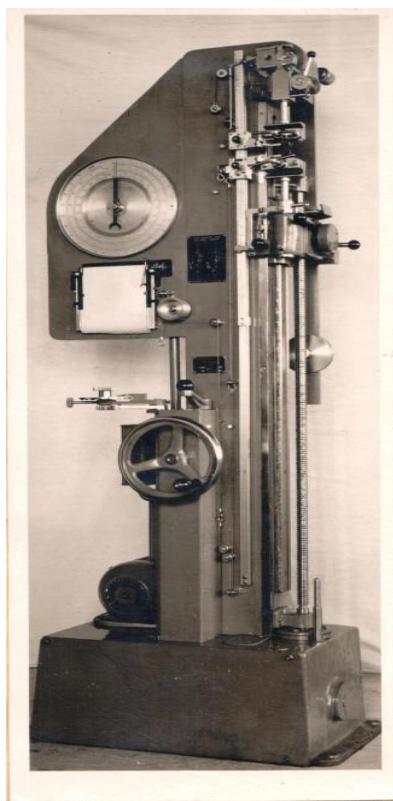


Рисунок 10. Разрывная машина РМИ 250

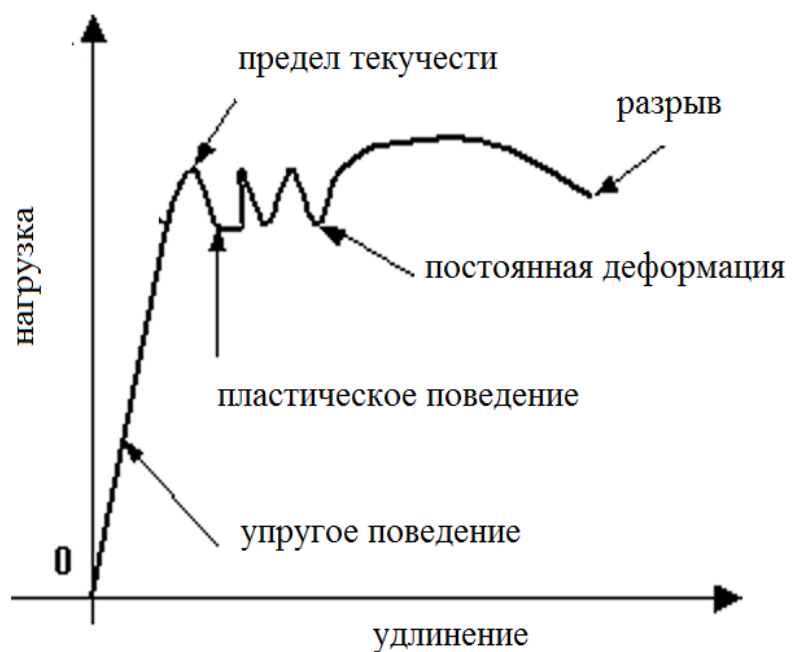


Рисунок 11. Диаграмма растяжения образца

Этот тест измеряет сопротивление материала воздействию статической силы. «Допускается определять удлинение образца по изменению расстояния между зажимами» [2].

2.2.Нахождение тангенса диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости

Вещества отличаются друг от друга по своим электрическим свойствам. Наиболее распространенными типами веществ являются проводники и диэлектрики.

Основной особенностью проводников является наличие свободных зарядов (электронов), которые участвуют в тепловом движении и могут свободно перемещаться по всему объему проводника. Наиболее распространенными проводниками являются металлы.

В отличие от проводников, в диэлектриках (или изоляторах) нет свободных электрических зарядов. «Они состоят из нейтральных атомов или молекул. Заряженные частицы в нейтральном атоме связаны друг с другом и не могут перемещаться по всему объему действием поля. Однако, энергия вызывает определенные изменения в структуре вещества — внутри атомов и молекул изменяется соотношение положительных и отрицательных частиц, а на поверхности вещества возникают излишние, несбалансированные связанные заряды, образующие внутреннее электрическое поле» [3]. Оно направлено встречно приложенной извне напряженности.

Диэлектрическая проницаемость

Диэлектрическая проницаемость определяется как мера емкости поляризованного материала электрическим полем. Диэлектрическая проницаемость материала представляет собой отношение его диэлектрической проницаемости к вакуумной диэлектрической проницаемости. Поэтому диэлектрическая постоянная также известна как относительная диэлектрическая проницаемость материала.

$$\varepsilon = \frac{\vec{E}_0}{\vec{E}} \quad (5)$$

где ε - относительная диэлектрическая проницаемость, \vec{E}_0 - диэлектрическая проницаемость материала в среде, \vec{E} - диэлектрическая проницаемость вакуума.

При взаимодействии диэлектрика с электрическим полем происходит некоторое перераспределение зарядов, составляющих атомы или молекулы. В результате этого перераспределения возникают связанные заряды, которые не компенсируются. Связанные заряды образуют электрическое поле, которое внутри диэлектрика направлено в противоположном направлении к внешнему полю. Этот процесс называется диэлектрической поляризацией.

Поляризация полярных диэлектриков очень сильно зависит от температуры, так как при более температуры молекулы имеют большее движение. Поляризация во многих неполяризованных молекулах деформируются электронные слои, поэтому этот механизм называется электронной поляризацией. Деформация электронных слоев под действием электрического поля происходит в атомах, молекулах и ионах любого диэлектрика.

Тангенс угла диэлектрических потерь

«Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля. Способность диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле обычно характеризуют углом диэлектрических потерь, а также тангенсом угла диэлектрических потерь» [3]. «Диэлектрическими потерями называют энергию, рассеиваемую в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля» [3]. «Способность диэлектрика рассеивать энергию в электрическом поле обычно характеризуют углом диэлектрических потерь, а также тангенсом угла диэлектрических потерь» [3]. Все эти диэлектрические характеристики могут быть синтезированы в упрощенной эквивалентной схеме

концентрированных параметров системы изоляции электрической машины, состоящей из сопротивления и емкости параллельно, как показано на следующем рисунке:

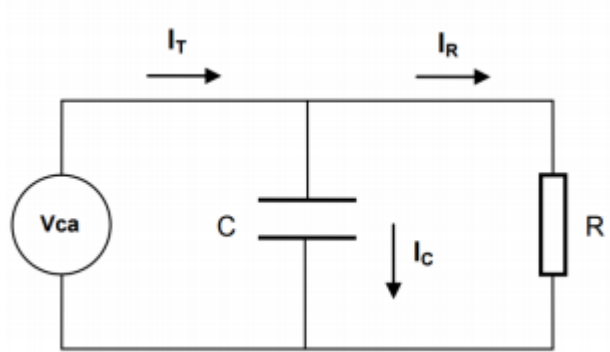


Рисунок 12. Схема испытания изоляции электрооборудования напряжением переменного тока

$$V_{CA} = V_{CA} < 0^\circ \quad (6)$$

$$I_T = I_C + I_R \quad (7)$$

Представление через диаграмму (напряжение на диэлектрике против емкостная составляющая полного тока) помогает нам лучше понять концепцию диэлектрических потерь.

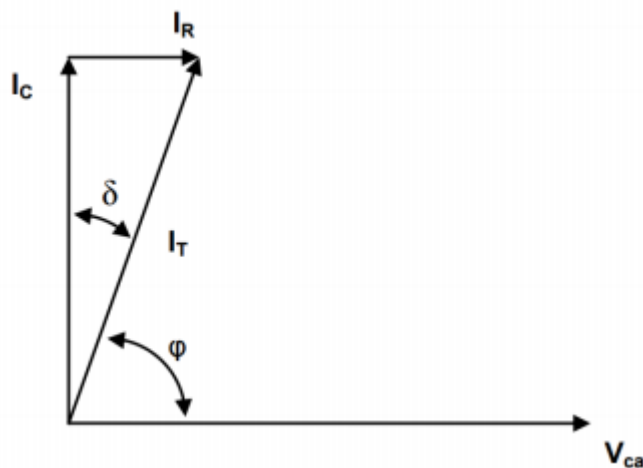


Рисунок 13. Диаграмма напряжения на диэлектрике против емкостная составляющая полного тока

Где:

V_{ca} — напряжение на диэлектрике

I_T — полный ток.

I_C — емкостная составляющая полного тока.

I_R — активная составляющая тока, протекающего через диэлектрик.

φ — угол мощности.

δ — угол потерь = $90^\circ - \varphi$.

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} \quad (8)$$

«При испытании диэлектрик рассматривается как диэлектрик конденсатора, у которого измеряется емкость и угол δ , дополняющий до 90° угол сдвига фаз между током и напряжением в емкостной цепи» [3]. Этот угол называется углом диэлектрических потерь.

Ячейка измерительная ИЯ-2Т — «Установка для тестирования тонких диэлектриков предназначена для измерений относительной диэлектрической проницаемости ϵ (от 2 до 10) и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ (от 10^{-4} до 10^{-2}) твёрдых диэлектриков толщиной от 0,5 до 2 мм в диапазоне частот 50 Гц — 1 МГц» [4].



Рисунок 14. Ячейка измерительная ИЯ-2Т и универсальный измеритель LRC Agilent E4980A

«Универсальный измеритель LRC Agilent E4980A предназначен для входного контроля компонентов, контроля качества и для лабораторного применения. Прибор применяется для оценки параметров LRC компонентов, материалов и полупроводниковых приборов в широком диапазоне (20Гц–20МГц). Прибор Agilent E4980A позволяет выполнять измерения ёмкости C и тангенса угла диэлектрических потерь D с основной погрешностью $\pm 0,05\%$ (C) и $\pm 0,0005\%$ (D) на всех » [4].

2.3. Испытание образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре

«Сущность метода дифференциальной сканирующей калориметрии основана на измерениях энтальпии и теплоёмкости, исследуемых образцов в диапазоне температур от минус 150 °С до плюс 500 °С.

«Метод дифференциальной сканирующей калориметрии основан на непосредственном измерении и регистрации поглощаемого или выделяемого теплового потока исследуемым образцом в процессе его нагрева или охлаждения, а также в изотермическом режиме» [5].

«В калориметре технически предусмотрены две камеры, эталонная и рабочая. При наличии тепловыделения (теплопоглощения) в исследуемом образце температурный баланс камер нарушается. Этот сигнал усиливается усилителем и передаётся на нагревательный элемент рабочей калориметрической камеры. За счёт сложений тока компенсации с опорным током постоянной величины, ток компенсации прямо пропорционален мощности теплового процесса. Это позволяет осуществить запись мощности измеряемого процесса, путём регистрации электрического сигнала на самописце» [6].

- При выполнении измерений на дифференциальном сканирующем калориметре выполняют следующие операции:
- Перед началом работы необходимо убедиться, что на индикаторе температуры стоит значение 20 °С;
- Приборы, входящие в установку, прогреваются в течении 30 минут;

- Производится коррекция наклона базовой линии для исключения большой погрешности показаний прибора;
- В рабочую камеру помещается контейнер с образцом, после чего калориметрический блок закрывается термостатирующим колпаком;
- Выбирается скорость сканирования в диапазоне от 8 до 64, град/сек;
- Выбирается режим «нагрев» и включается самописец;
- При достижении температуры плавления, самописец регистрирует «пик» плавления
- Далее определяется площадь пика плавления;
- После регистрации пика, самописец отключается, а установка переключается в режим охлаждения, при скорости 64 град/мин до 20 °С.

Максимальную расчетную массу навески исследуемого образца определяют по формуле [г]:

$$M_{\text{обр}}^{\text{макс}} = \frac{C_{p \text{ эт}}}{C_{p \text{ обр}}} \quad (9)$$

Где: $M_{\text{эт}}^{\text{макс}}$ – масса навески образцовой меры;

$C_{p \text{ эт}}$ – удельная теплоёмкость образцовой меры при интересующей температуре;

$C_{p \text{ обр}}$ – удельная теплоёмкость образца;

Удельное изменение энтальпии перехода образца рассчитывается по формуле [Дж/г]:

$$\Delta H_{\text{обр}}^{\text{уд}} = \frac{\Delta H_{\text{эт}}^{\text{уд}} \cdot M_{\text{эт}} \cdot N^{\text{обр}}}{N^{\text{эт}} \cdot M_{\text{обр}}} \quad (10)$$

Где H – удельная энтальпия образца;

$N^{\text{обр}}$ – среднее значение интеграла изменения энтальпии, рассчитываемый по формуле:

$$N^{\text{эт}} = \frac{N_1^{\text{эт}} + N_2^{\text{эт}}}{2} \quad (11)$$

Удельная теплоёмкость образца определяется [Дж/г·град]:

$$C_{p \text{ обр}} = \frac{A^{\text{обр}} \cdot M_{\text{эт}} \cdot C_{p \text{ эт}}}{A^{\text{эт}} \cdot M_{\text{обр}}} \quad (12)$$

Где $C_{p \text{ эт}}$ – удельная теплоёмкость образцовой меры;

$M_{\text{эт}}$ – масса навески образцовой меры;

$M_{\text{обр}}$ – масса навески исследуемого образца;

A – амплитуда отклонения базовой линии.

«Результаты контроля считают удовлетворительными, если результаты измерений стандартных образцов находятся в пределах погрешности измерений. При неудовлетворительных результатах контроля выявляют причины потери точности измерений и проводят соответствующие организационно-технические мероприятия, обеспечивающие получение результатов измерений с заданной в рекомендации погрешностью» [6].

3. Расчеты, аналитика и результаты проведенного исследования

3.1. Образец для испытания на разрыв при растяжении

Для испытаний применяют образцы типов 1, форма и размеры которых указаны в табл. по ГОСТ 11262–80

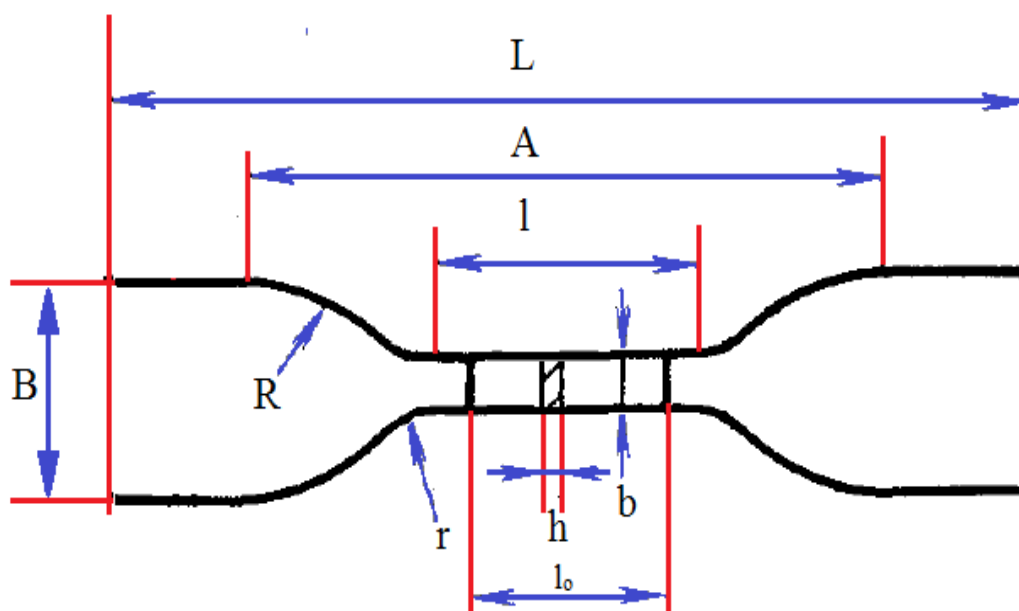


Рисунок 15. Образец типа 1 по методу испытания на растяжение (ГОСТ 11262–80) для испытаний полимеров на растяжение

Таблица 1. Размеры образца (лопатки)

	Параметры	Значение параметра, мм
A	Расстояние между метками, определяющими положение кромок захвата на образце	80±5
L	Общая длинна, не менее	115
L	Длина рабочей части,	33±1
l_0	Расчётная длина,	25±1
H	Толщина рабочей части, h	Менее 3
B	Ширина головки,	25±1
b	Ширина рабочей части,	6±0,4
R	Большой радиус закругления	25±1
r	Малый радиус закругления	14±0,5

«Гранулы полимера распределяются в центре пресс-формы с требуемой по ГОСТ 11262–80 формой, температура повышается до температуры около 310 °С в течение 30 мин, затем на форму оказывается давление до 150 кгс/см² в течение двух минут, после чего форма охлаждается водой» [7].

Для испытания были выбраны один необлученный образец и 4 образца, которые были облучены до следующих доз: 3•10⁵ рад; 10⁶ рад; 3•10⁶ рад; 10⁷ рад. Облучение образцов было произведено на базе мощного изотопного источника непрерывного гамма-излучения ГУ-200 (Изотоп излучателя Со⁶⁰). Каждый пластин испытывается пять раз для увеличения точности результата.

3.2. Расчет для испытания на разрыв при растяжении

$$l_0 = 25 \text{ мм} \quad (13)$$

$$\Delta l_{op} = l_f - l_0 \quad (14)$$

– относительное удлинение при разрыве (ε_{pp}):

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\Delta l_{op}}{l_0} \quad (15)$$

где

Δl_{op} - изменение расчетной длины образца в момент разрыва, мм;

l_f - Длина образца в момент достижения максимальной нагрузки, мм;

l_0 - Расчетная длина, мм;

Таблица 2. Толщина лопатки, мм

Доза облучения, Гр	Толщина лопатки, мм					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
0	1,32	1,35	1,34	1,45	1,34	1,36
3000	1,34	1,44	1,36	1,37	1,32	1,366
10000	1,4	1,35	1,36	1,35	1,48	1,388
30000	1,34	1,35	1,33	1,4	1,34	1,352
100000	1,31	1,36	1,4	1,34	1,46	1,374

Таблица 3. Нагрузка при разрыве, кг

Доза облучения, Гр	Нагрузка при разрыве, кг					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
0	18	17	19,2	19,2	18,9	18,46
3000	16,2	17,5	17,5	16,5	16,5	16,84
10000	15,8	16,8	16,2	15,8	17,5	16,42
30000	12,8	13,8	13	13	14	13,32
100000	10	11	10,4	10,8	11	10,64

– прочность при разрыве (σ_{pp})

$$\sigma_{pp} = \frac{F_{pp}}{A_0} \quad (16)$$

где F_{pp} — нагрузка, при которой образец разрушился, кг/м²;

A_0 — начальное поперечное сечение образца, мм².

Переведем значение прочности при разрыве в международную систему измерения МПа, 1 кг/см² = 0,0981 МПа.

Таблица 4. Прочность при разрыве

Доза облучения, Гр	Нагрузка при разрыве, кг	Толщина лопатки, мм	Прочность при разрыве	
			кг/см ²	МПа
0	18,46	1,36	226,23	22,19
3000	16,84	1,366	205,47	20,16
10000	16,42	1,388	197,17	19,34
30000	13,32	1,352	164,20	16,11
100000	10,64	1,374	129,06	12,66

Таблица 5. Относительное удлинение при разрыве (ϵ_{pp})

Доза облучения, Гр	Прочность при разрыве МПа	Относительное удлинение при разрыве (ϵ_{pp}) %
0	22,19	350,4
3000	20,16	358,4
10000	19,34	364
30000	16,11	339,2
100000	12,66	138,4

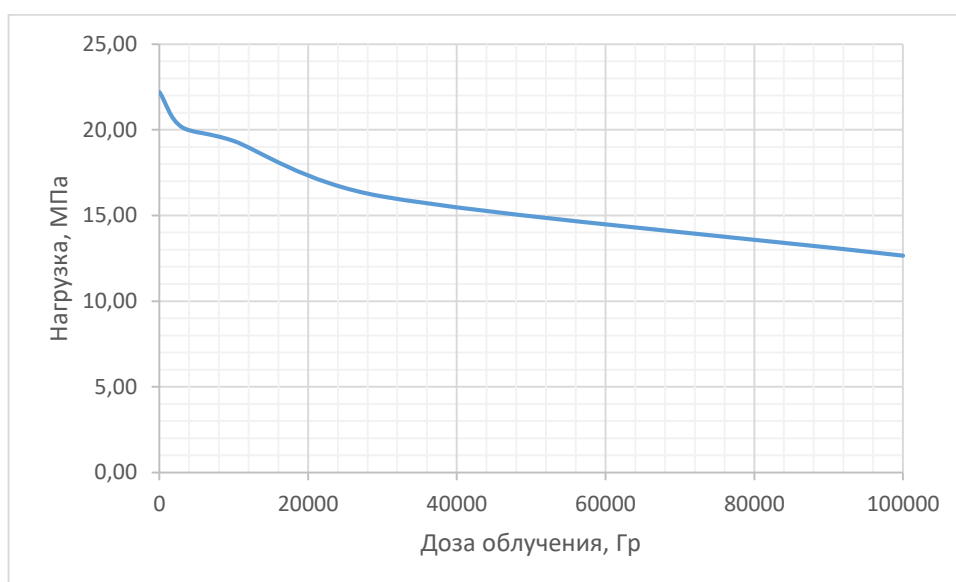


Рисунок 16. Зависимость максимальной нагрузки от дозы облучения

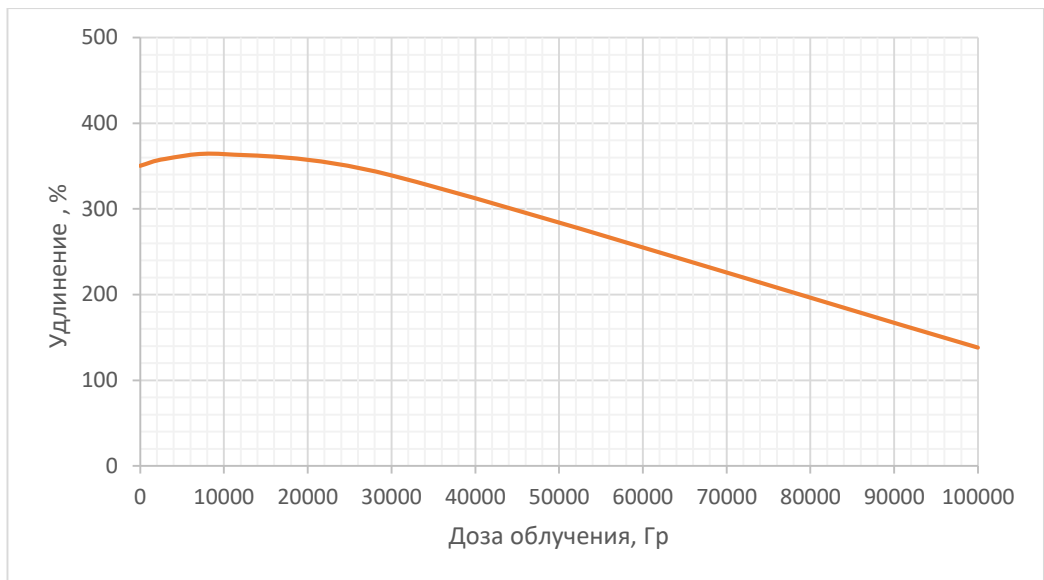


Рисунок 17. Зависимость максимальной величины удлинения от дозы облучения

3.3. Образец для определения тангенса угла диэлектрических потерь

«Образцов для определения тангенса угла диэлектрических потерь было изготовлено из заранее подготовленной пластины штанцевым ножом круглой формы, диаметром $(50 \pm 0,5)$ мм и толщиной 1,5 мм» [5].

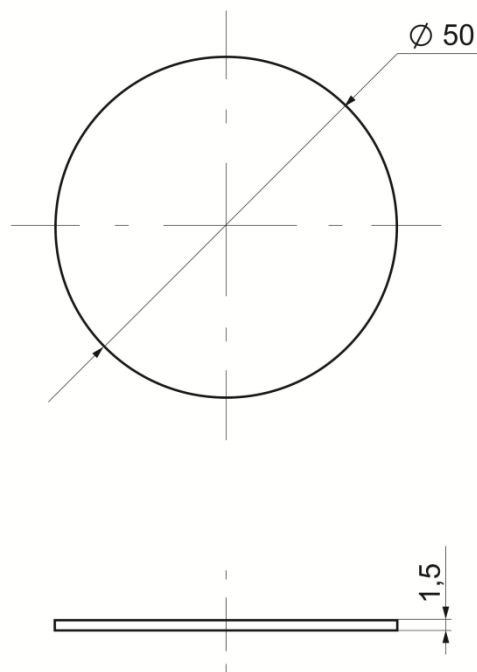


Рисунок 18. Образец для определения тангенса угла диэлектрических потерь

3.4. Расчет для определения тангенса угла диэлектрических потерь

«При выполнении измерений ε на частоте 1 МГц бесконтактным методом выполняют следующие операции:

- разводят электроды и в межэлектродное пространство помещают образец толщиной t и диаметром D_2 ;
- сводят электроды, делая не менее одного полного оборота маховика ячейки;
- снимают значение толщины образца t по индикатору, установленному на ячейке;
- разводя электроды, по индикатору устанавливают воздушный зазор между образцом диэлектрика и электродом ячейки $\Delta=0,2\div 0,4$ мм, при этом межэлектродное расстояние h составит ($h=t+\Delta$), мм;
- измеряют ёмкость ячейки с образцом C_1 ;
- разводят электроды и извлекают образец;
- восстанавливают расстояние между электродами и измеряют ёмкость ячейки без образца C_2 ,
- диэлектрическую проницаемость ε исследуемого образца вычисляют по формуле» [5].

$$\varepsilon = \frac{C_8}{C_4} \quad (17)$$

где C_4 – ёмкость образца (геометрическая), пФ, определяемая по формуле:

$$C_4 = 0,006954 \cdot \frac{D_2^2}{t} \quad (18)$$

C_8 – ёмкость образца, пФ, определяемая по формуле

$$C_8 = C_6 \cdot \frac{C_7 + C_3 - C_5}{C_5 + C_6 - C_3 - C_7} \quad (19)$$

C_3 – ёмкость ячейки (геометрическая), пФ, определяемая по формуле

$$C_3 = 0,006954 \cdot \frac{D_1^2}{h} \quad (20)$$

C_5 – ёмкость пустой части ячейки, пФ, определяемая по формуле

$$C_5 = 0,006954 \frac{D_1^2 - D_2^2}{h} \quad (21)$$

C_6 – ёмкость зазора, пФ, определяемая по формуле

$$C_6 = 0,006954 \frac{D_2^2}{h-t} \quad (22)$$

C_7 – изменение ёмкости, пФ, определяемое по формуле

$$C_7 = C_1 - C_2 \quad (23)$$

Таблица 6. Расчет диэлектрических свойств в необлученных образцах политетрафторэтилена на частоте 10 МГц

Толщина	C1	C2	C3	C4
1,322	13,206140	8,79131	8,72730477	13,1505295
1,362	13,417384	8,79131	8,72730477	12,7643172
1,372	13,459461	8,79131	8,72730477	12,6712828
1,363	13,429269	8,79131	8,72730477	12,7549523

C5	C6	C7	C8	ε
0,03480477	25,6415929	4,41483046	26,8139297	2,039
0,03480477	27,2492163	4,62607382	26,0519714	2,041
0,03480477	27,683121	4,66815122	25,8240743	2,038
0,03480477	27,2919937	4,63795901	26,0583676	2,043

$$\varepsilon = 2,04025 \quad (24)$$

«Определение тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ основано на измерениях тангенса угла диэлектрических потерь ячейки с исследуемым образцом диэлектрика $\operatorname{tg} \delta_1$ и сравнения ее с добротностью ячейки без образца $\operatorname{tg} \delta_2$ на частоте измерения» [5].

«При выполнении измерений $\operatorname{tg} \delta$ на частоте 1 МГц контактным методом выполняют следующие операции: разводят электроды и в межэлектродное пространство помещают образец; сводят электроды, делая не менее одного полного оборота маховичка ячейки; снимают значение толщины образца t по индикатору, установленному на ячейке; измеряют ёмкость C_1 и тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta_1$ ячейки с образцом; разводят электроды и извлекают образец; восстанавливают ёмкость перемещением подвижного электрода ячейки, измеряют тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta_2$; тангенс

угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$ исследуемого образца вычисляют по формуле» [5]:

$$\text{tg } \delta = \frac{C_1}{C_1 - C_2} \cdot (\text{tg } \delta_1 - \text{tg } \delta_2) \quad (25)$$

где C_1 – ёмкость ячейки с образцом;

C_2 – ёмкость пустой части ячейки, пФ, определяемая по формуле

$$C_2 = 0,006954 \frac{D_1^2 - D_2^2}{t} \quad (26)$$

Таблица 7. Расчет тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg } \delta$

Толщина	C1	C2	$\text{tg } \delta_1 - \text{tg } \delta_2$	$\text{tg } \delta$
1,322	13,206140	8,79131	0,00019389	0,00058
1,362	13,417384	8,79131	0,00021376	0,00066
1,372	13,459461	8,79131	0,00020116	0,00059
1,363	13,429269	8,79131	0,00021412	0,00065

$$\text{tg } \delta = 0,00064 \quad (27)$$

Таблица 8. Соотношение дозы излучения диэлектрической проницаемости тангенса угла диэлектрических потерь

Доза облучения, Гр	ϵ	$\text{tg } \delta$
0	2,040	0,00064
3000	2,051	0,00062
10000	2,055	0,00060
30000	2,065	0,00058
100000	2,075	0,00055
300000	2,080	0,00052
1100000	2,100	0,00070

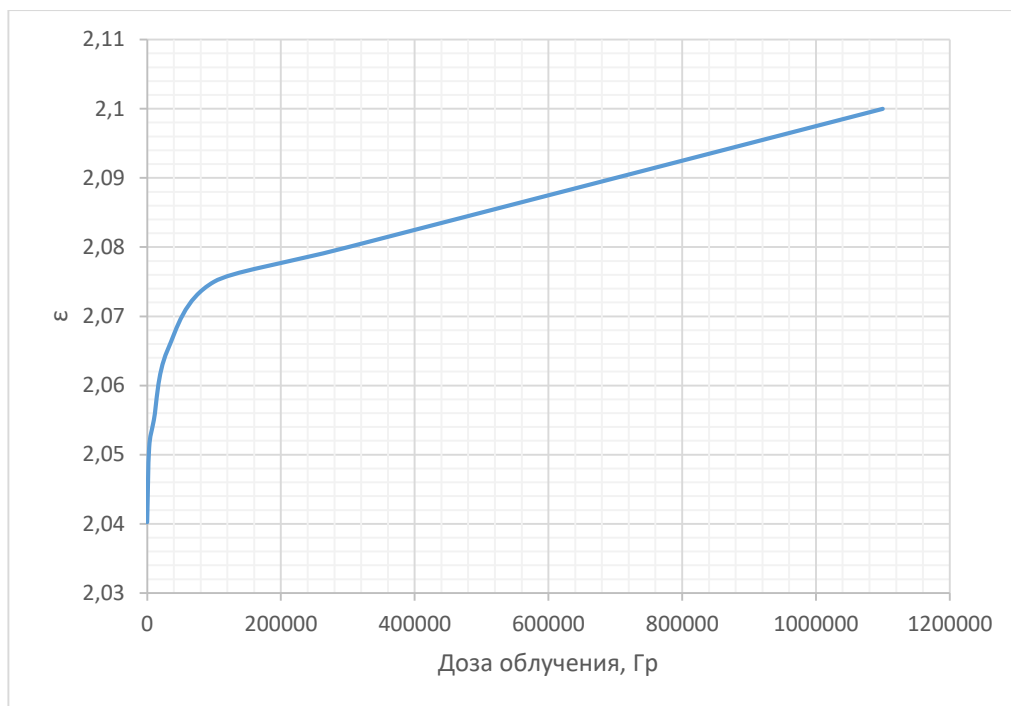


Рисунок 19. Зависимость величины ϵ от дозы облучения

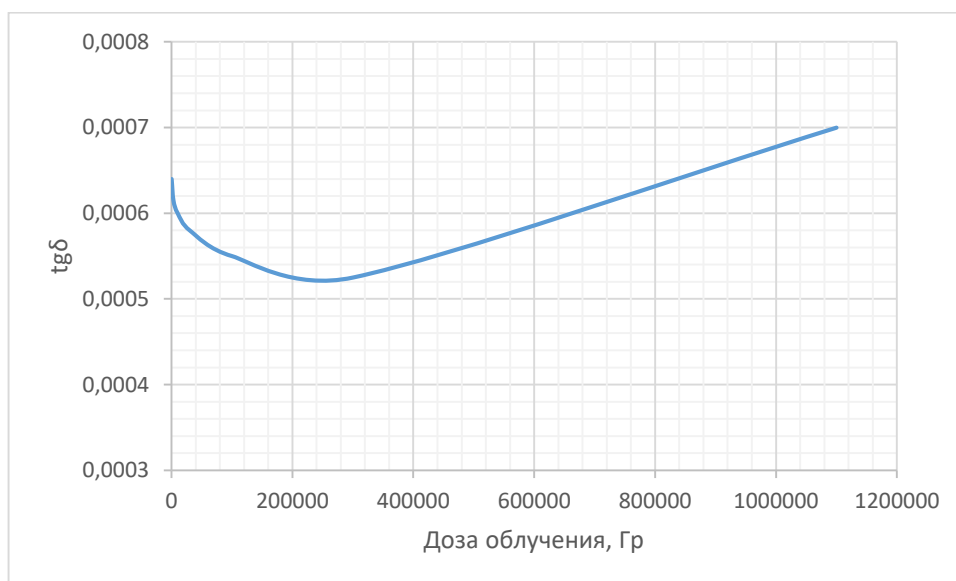


Рисунок 20. Зависимость величины $\text{tg } \delta$ от дозы облучения

3.5. Образец для испытания образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре

«Образцов для испытания образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре был сделан от заранее изготовленной пластины, отсекается образец весом ~ 20 мг. После взвешивания на аналитических весах образец

помещается в контейнер (Рисунок 6), накрывается крышкой и запечатывается. После проделанной подготовки, контейнер помещается в рабочую калориметрическую ячейку, которая в свою очередь накрывается колпаком и протягивается для максимальной герметичности» [6].

3.6. Расчет для испытание образцов на дифференциальном сканирующем микрокалориметре

Таблица 9. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 3000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °C
19,5	21,7	256
19,8	22,4	257
19,6	22,1	257
20	21,9	258

Таблица 10. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 10000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °C
23	21	258
20,1	25,55	258
19,8	24,75	257
22,7	25,2	259

Таблица 11. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 30000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °C
20,4	24,8	257
20,7	23,45	258
20,3	23,9	257
20,1	24,1	257

Таблица 12. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 100000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °C
20,05	27,5	258
22,45	28,7	257
21,9	27,6	257

20,8	28,2	259
------	------	-----

Таблица 13. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 300000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °С
20,75	32,2	258
22,4	24,35	256
22,75	28,8	259
21,25	30,4	255

Таблица 14. Полученные в ходе испытаний значения при дозе излучения равно 500000 Гр

Вес, мг	Площадь пика	Температура, °С
21,6	38,5	258
21,8	33,4	259
21,9	36	256
22,2	35,2	259

Таблица 15. Сводная таблица значений энтальпии

Доза облучения, Гр	Значение энтальпии, Дж/г
$3 \cdot 10^3$	21,053
10^4	21,316
$3 \cdot 10^4$	22,033
10^5	24,861
$3 \cdot 10^5$	25,027

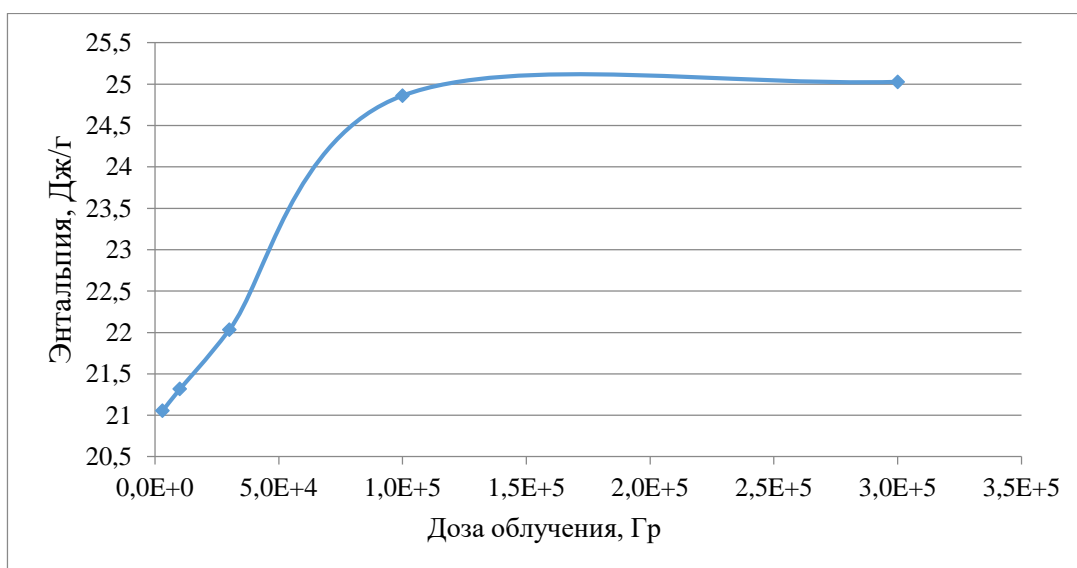


Рисунок 21. Зависимость энтальпии от дозы облучения

Вывод

С нашим предыдущим анализом мы можем заключить, что когда политетрафторэтилен 4 МБК подвергается воздействию ионизирующего излучения, он теряет способность к удлинению. Существует точка, где образец становится меньше начального условия (дозы более 10^5 Гр). На сопротивление разрушению влияет также ионизирующее излучение, минимальный зарегистрированный - 12,66 МПа.

Диэлектрическая проницаемость увеличивается при увеличении дозы облучения. Это явление дает возможность улучшить диэлектрические свойства, но, когда мы наблюдаем тангенс угла диэлектрических потерь, мы можем видеть, что этот материал теряет тепло, наиболее вероятно, что небольшие трещины позволяют это и молекулярную структуру меняться.

Энтальпия плавления достигает своего максимального значения при 25 Дж / г и сохраняет постоянное значение для более высоких ионизирующих излучений, температура плавления составляет 250 °С.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной диссертационной работе исследуется влияние излучения на политетрафторэтилене 4МБК. Эксперименты помогают определить относительное удлинение при разрыве, прочность при разрыве, диссипации электрической энергии, эффекта, создаваемого электрическим полем в изоляторе, количество энергии, необходимое для сплавления политетрафторэтилена.

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

«Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование» [8].

Изучение воздействия радиации на изоляционные материалы имеет большое значение для разных рынков, которые можно разделить на четыре основные группы: научные исследования, ядерную медицину, энергетический сектор, космическую отрасль.

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для лучшего понимания и проведения анализа конкурентоспособности разработки оценочная карта показывает технических и экономических характеристик. Где К1 представляет собой поливинилхлорид, а К2 представляет собой F-4 МБ, широко используемый в производстве кабельной изоляции.

Поливинилхлорид представляет собой химическое соединение углерода, водорода и хлора. Для получения поливинилхлорида в 43% хлориде и натрия в 57% используется сырьё нефти. хлор делает поливинилхлорид устойчивым к контактам с шлаками, теплом. Но в случае пожара это вызывает выброс опасных паров для людей. тем самым, полихлоридный винил представляет собой материал, который обладает очень хорошими механическими характеристиками, но выделяет токсичные пары в случае пожара. Он обладает высокой механической прочностью, жесткостью и твердостью. Поливинилхлорид является хорошим электрическим изолятором. Поэтому он используется для изоляции проводящего материала электричества (медь, алюминий).

F-4 МБ представляет собой термопластичный, полукристаллические (в 50%), беловатые, мягкие, гибкие даже при низких температурах. Полиэтилен обладает отличными электрическими свойствами, но слабые сопротивления температуры. Он обладает огнезащитными свойствами, его применения включают контейнеры, химически стойкие покрытия, пленки для упаковки, а также изоляции электрических кабелей.

Критерии оценки

Сопротивление до разрыва натяжением

Расчет сопротивление на растяжение при разрыве политетрафторэтилена 4 МБК в испытании имеет значение 22 МПа, но, когда он подвергся различным значениям ионизирующего излучения, он регистрировался 12,6 МПа. При анализе поливинилхлорид технические данные разных компаний оценивают максимальное сопротивление 30 МПа и минимальное сопротивление 0,9 МПа. F-4 МБ получил максимальное сопротивление 25 МПа и минимум 5 МПа.

Поливинилхлорид и F-4 МБ получили максимальные сопротивления на растяжение при разрыве выше к расчету политетрафторэтилена 4 но их минимальные сопротивления при разрыве были намного ниже.

Мы принимаем во внимание политетрафторэтилена 4 МБК в качестве эталонного значения, а второй с лучшими характеристиками - это F-4 МБ, оставляя поливинилхлорид в качестве полимера, который имеет менее устойчивое сопротивление. Поэтому мы оцениваем их со следующими значениями: политетрафторэтилена 4 МБК (5), поливинилхлорид (3), F-4 МБ (4) устойчивость к растяжению перед разрушением.

Устойчивость к растяжению перед разрушением

Этот критерий учитывает удлинение различных материалов до разрыва. Удлинение при разрыве для политетрафторэтилена 4 МБК составляла 350 процентов, полимерный поливинилхлорид получил среднее значение 300 процентов наконец, F-4 МБ 400 процентов. Для определения баллов предыдущих полимеров в этом критерии, длиннее удлинение будет использоваться в качестве

эталона. политетрафторэтилена 4 МБК (4), поливинилхлорид (3), F-4 МБ (5) устойчивость к растяжению перед разрушением.

Взаимодействие с электрическим полем электрических проводов

Диэлектрическая проницаемость определяется склонностью материала к поляризации перед применением электрического поля, и таким образом частично аннулирует внутренне поле. Поэтому полимер с меньшей диэлектрической проницаемостью принимается в качестве эталона. Относительная диэлектрическая проницаемость политетрафторэтилена 4 МБК, поливинилхлорида, полиэтилена низкой плотности, равны 2,1; 2,2 и 2,8 соответственно. Баллы политетрафторэтилена 4 МБК, поливинилхлорида, полиэтилена низкой плотности, равны 3,4 и 5.

Проявление тепла в материале, функционирующем в электрическом

«Энергия рассеиваемая, выраженная в виде тепла в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля называется тангенсом угла диэлектрических потерь» [9]. Следующие значения представляют собой тангенсы угла диэлектрических потерь политетрафторэтилена 4 МБК, поливинилхлорида, полиэтилена низкой плотности соответственно 0,0006; 0,0001; 0,096.

F-4 МБ очень далек от самого низкого значения тангенса угла диэлектрических потерь, поэтому он получает 2, в то время как один с наименьшего тангенса угла диэлектрических потерь - это поливинилхлорида (5), политетрафторэтилен 4 МБК получил хорошее состояние, близко к лучшему (4).

Безопасность и надежность

F-4 МБ обладает очень хорошими свойствами, но пластичность его структуры не делает его наиболее надежным, поэтому этот полимер получает 2 баллов. Поливинилхлорид обладает способностью сочетаться с различными продуктами и полимерами, чтобы повысить его производительность, хотя он генерирует вредные газы при повышении температуры, его значение равно 3, наконец, у нас есть полимер, который благодаря свойствам фтора более

устойчив, может быть объединен с различными материалами и не вызывает загрязнения при температурах повышенный (5)

Уровень проникновения на рынок и цена

Эти материалы легко достичь с единственным недостатком, что нужно покупать большее количество 10 кг, меньшие количества трудно получить.

Стоимость за килограмм политетрафторэтилена 4 МБК, поливинилхлорид, F-4 МБ равно 52, 43 и 65 рублей соответственно. Их баллов 3, 2 и 4

Самый главный критерий является безопасности и надежности 30% баллов критерия. Чем меньше поляризация, тем лучше хранения энергии поэтому взаимодействие с электрическим полем электрических проводов получает 20% баллов критерия.

Потеря тепла и сопротивления - очень важные качества их значение 15% баллов. Наконец, мы обладаем способностью к удлинению 10% баллов критерия.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Бф	Бк1	Бк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
сопротивление до разрыва натяжением	0,15	5	3	4	0,75	0,4 5	0,6
устойчивость к растяжению перед разрушением	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
взаимодействие с электрическим полем электрических проводов	0,2	3	4	5	0,6	0,8	1
проявление тепла в материале, функционирующем в электрическом поле	0,15	4	5	2	0,6	0,7 5	0,3
Безопасность и надежность	0,3	5	3	2	1,5	0,9	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
Уровень проникновения на рынок и цена	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
Итого	1				4,15	3,4	3,4

Принимая во внимание результат анализа (4,15) с помощью оценочной карты, можно сделать вывод, что наиболее оптимальным материалом является политетрафторэтилене 4МБК на конкурентном уровне как технически, так и экономически.

4.1.2. SWOT-анализ

«В рамках данного этапа построили интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT» [8].

Каждый фактор помечается либо знаком «+»

либо знаком «-» (что означает слабое соответствие);

«0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

«SWOT – анализ состоит из трех этапов. В первом этапе мы анализируем сильные и слабые стороны исследовательской работы (внутренняя среда), а также возможности и угрозы (внешняя среда). Описание выполняется с помощью факторов, не имеющих количественной оценки» [8]. «Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений» [8].

Сильные стороны	Слабые стороны
С1 Актуальность выбранной темы.	Сл1 Необходимо производить большое количество специальных образцов для различных исследований.
С2 Низкая стоимость материала.	Сл2 Ограниченное количество аналогов-образцов для сравнения.
С3 Надежные результаты исследований.	Сл3 Коммерческая тайна точного состава полиэтилена.
С4 Возможность внедрения данного материала	Сл4 Отсутствие опыта промышленной эксплуатации разрабатываемой технологии.
Возможности	Угрозы
В1 Лучшее понимание воздействия ионизирующего излучения в политетрафторэтилена.	У1 Радиационное старение материала под действием ИИ.
В2 Лучшая адаптация диэлектрических материалов для изоляции силовых проводников.	У2 Неправильное использование исследовательского оборудования в проведении экспериментов.
В3 Поддерживать развитие ядерной энергетики.	У3 Воздействие на окружающую среду.
В4 Вероятность разработки более новых материалов.	

	<p>Сильные стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуальность выбранной темы. • Низкая стоимость материала. • Надежные результаты исследований. • Возможность внедрения данного материала 	<p>Слабые стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • Необходимо производить большое количество специальных образцов для различных исследований. • Ограниченное количество аналогов-образцов для сравнения. • Коммерческая тайна точного состава полиэтилена. • Отсутствие опыта промышленной эксплуатации разрабатываемой технологии.
<p>Возможности</p> <ul style="list-style-type: none"> • Лучшее понимание воздействия ионизирующего излучения в политетрафторэтилен. • Лучшая адаптация диэлектрических материалов для изоляции силовых проводников. • Поддерживать развитие ядерной энергетики. • Вероятность разработки более новых материалов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Распространение результатов на конференциях и семинарах. 2. Публикация научной статьи. 3. Рекомендации для будущих экспериментов. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение подобных исследований другими организациями, развитие новейших материалов, ограниченное количество измерений, – всё это представляет собой наиболее уязвимые места разработки.

	<p>Сильные стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • Актуальность выбранной темы. • Низкая стоимость материала. • Надежные результаты исследований. • Возможность внедрения данного материала 	<p>Слабые стороны</p> <ul style="list-style-type: none"> • Необходимо производить большое количество специальных образцов для различных исследований. • Ограниченное количество аналогов-образцов для сравнения. • Коммерческая тайна точного состава полиэтилена. • Отсутствие опыта промышленной эксплуатации разрабатываемой технологии.

<p>Угрозы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Радиационное старение материала под действием ИИ. • Неправильное использование исследовательского оборудования в проведении экспериментов. • Воздействие на окружающую среду. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Меры индивидуальной защиты и профилактики при работе с радиоактивными веществами. 2. Выслеживание программы радиационной защиты при использовании радиоактивных материалов. 3. Выслеживание методы дозиметрического контроля при работе с источниками ионизирующего излучения. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование информации, полученной компаниями, которые продают различные типы кабелей. 2. Исследование основных свойств фторида (ключевого компонента продукта). 3. Покупка количества полиэтилена, превышающего количество, рассчитанное для испытаний в случае повторных испытаний.
---	---	--

Вывод

Анализ видно, что наиболее перспективным путем развития проекта является поиск заинтересованных предприятий производства кабеля. Раскрывать результаты, полученные на конференциях и научных работах, соблюдать стандарты и лабораторные процедуры для безопасной, надежной и эффективной работы.

4.2. Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1. Иерархическая структура работ проекта

«Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта» [8].



Рисунок 22. Рисунок Иерархическая структура

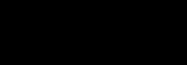
4.2.2. Контрольные события проекта

«В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты» [8].

Таблица 16. Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Разработка технического задания	08.02.2018-11.02.2018	реферат
2	Составление и утверждение технического задания	11.02.2018-12.02.2018	Приказ по ФТИ
3	Разработка календарного плана	12.02.2018-13.02.2018	Задание на выполнение исследования
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	15.02.2018-30.03.2018	реферат
5	Подготовка для проведения эксперимента и написание	20.03.2018-31.03.2018	План работ
6	Проведение эксперимента	02.04.2018-30.04.2018	Отчёт
7	Выполнение расчётов и анализа данных	17.02.2016-30.04.2016	Отчёт
8	Обобщение и оценка результатов	25.04.2016-27.04.2016	Отчёт
9	Анализ и обработка полученных результатов	27.04.2016-15.05.2018	Отчёт
10	Подготовка к защите	15.05.2018-23.05.2016	

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				февр.				март					апр.				мая				
				08	14	20	26	04	10	16	22	28	03	09	15	21	27	03	09	15	23
1	Разработка технического задания	Руководитель - инженер	3	■																	
2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1		■																
3	Разработка календарного плана	Руководитель	1		■																
4	Сбор и изучение научно-технической литературы	инженер	43		■	■	■	■	■	■	■	■									
5	Подготовка для проведения эксперимента и написание	инженер	11							■	■										
6	Проведение эксперимента	Руководитель-инженер	28											■	■	■	■	■			
7	Выполнение расчётов и анализа данных	Руководитель-инженер	72		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
8	Обобщение и оценка результатов	инженер	2													■	■				
9	Анализ и обработка полученных результатов	Руководитель-инженер	18														■	■	■	■	
10	Подготовка к защите	инженер	8																	■	■



Руководитель- инженер



инженер

4.3. Бюджет научного исследования

4.3.1. Расчет материальных затрат

Для экономического обоснования проекта расчет стоимости материалов производится в соответствии с действующими прейскурантами. Стоимость материалов включает затраты, связанные с их реализацией. Стоимость регистрации документации включена в ту же статью. Результаты этой статьи приведены в таблице.

Материальные затраты

Наименование	Размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Электроэнергия	-	343 кВт	3,25	1989,4
промышленное водоснабжение	-	9,8 м ³	25,61	250,97
Печать на листе	A4	250	1,9	475
Доступ в интернет	-	4	350	1400
политетрафторэтилене 4МБК	-	3 кг	65	195
Батарейки	Duracell AAA	4	50	200
Всего за материалы				4510,97
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого по статье				4510,97

Произведен расчет затрат на электроэнергию и воду, которые использовались в испытание. Эксперименты проводились 24 дней по 4 часа (98 часов), мощность установки 0,5 кВт/час и расход охлаждающей воды (не менее) 0,6 м³/час.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл} = C_{эл} \cdot P \cdot F_{об} ,$$

где $C_{эл}$ – тариф на промышленную электроэнергию (5,8 руб за 1 кВт·ч);

P – мощность оборудования, кВт;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

$$C_{эл} = 5,8 \cdot 3,5 \cdot 98 = 1989,4 \text{ руб.}$$

Затраты на водоснабжение рассчитываются по формуле:

$$C_{вд} = C_{вд} \cdot Q \cdot F_{об} ,$$

где

$C_{вд}$ – тариф на промышленное водоснабжение (25,61 руб. за 1 м³);

Q – расход воды, м³;

$F_{об}$ – время использования оборудования, ч.

$$C_{вд} = 25,61 \cdot 0,1 \cdot 98 = 250,97 \text{ руб.}$$

Материальные затраты находятся по формуле:

$$C_{м} = C_{эл} + C_{вд} ,$$

$$C_{м} = 1989,4 + 250,97 = 2240,37 \text{ руб.}$$

4.3.2. Расчёт затрат на специальное оборудование для научных

«В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене» [8].

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относятся Разрывная машина РМИ-250, ячейка измерительная ИЯ-2Т, прецизионный измеритель LCR Agilent E4980A, дифференциальный сканирующий микрокалориметр ДСМ-2М. стоимость РМИ-250 составляет 700000 рублей, назначенный срок службы – 15 лет, стоимость ИЯ-2Т составляет 800000 рублей, назначенный срок службы – 3 года, стоимость LCR Agilent E4980A составляет 325000 рублей, назначенный

срок службы – 2 года, стоимость ДСМ-2М составляет 715000 рублей, назначенный срок службы – 15 лет.

Таблица 17. Затраты на амортизационные отчисления

Наименование оборудования	Кол-во	Модель	стоимость единицы оборудования, руб.	срок службы, дней	норма амортизации, %.	Затраты на амортизационные отчисления (руб.)
Разрывная машина	1	РМИ-250	700000	5475	0,01826484	14,4935574
Ячейка измерительная	1	ИЯ-2Т	800000	1095	0,0913242	82,820328
Прецизионный измеритель	1	LCR Agilent E4980 A	325000	730	0,1369863	50,4686373
дифференциальный сканирующий микрокалориметр	1	ДСМ-2М	715000	5475	0,01826484	14,8041336

Затраты на амортизационные отчисления оборудования рассчитываются по формуле:

$$Ha = \frac{1}{n} \cdot 100$$

$$C_{\text{аморт}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot Ha}{k \cdot 100} T_{\text{раб}}$$

Где

n – срок службы (год);

Ha – норма амортизации(%);

$C_{\text{аморт}}$ – Затраты на амортизационные отчисления (руб.);

$C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования (руб.);

k – количество дней в году (247 дней);

Траб – период использования оборудования (28 дней).

$$\text{Саморт(общ)} = 14,48 * 28 + 82,82 * 28 + 50,47 * 28 + 14,8 * 28$$

$$\text{Саморт(общ)} = 4552,8 \text{ руб.}$$

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

«В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату» [8]:

Таблица 18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	6	5
-выходные дни	52	104
-праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	24
-невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

$$z_{\text{дн}} = \frac{z_{\text{м}} \cdot k_p \cdot M}{F_{\text{д}}},$$

где

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

$z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня М = 11,2 месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней М = 10,4 месяца, 6-дневная неделя;

Fд – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дня.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot 0,15$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Расчёт заработной платы

	Руководитель	инженер
F _д	251	223
М	10,4	11,2
K _р	1,3	1,3
Z _м	33664	9489
Z _{дн}	1813,3	619,55
T _р	8	28
Z _{осн}	14506	17347
Z _{доп}	2176	2602,1
Z _{зп}	16682	19950

Итого $Z_{осн} = 36631,83$ руб

4.3.4. Отчисления на социальные нужды

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 27,1 %.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

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

Таким образом, выплаты в страховые фонды составят:

Руководитель

$$З_{\text{внеб}} = 0,271(16682) = 4520,9 \text{ руб.}$$

Инженер

$$З_{\text{внеб}} = 0,271 \cdot (19950) = 5406,3 \text{ руб.}$$

$$\text{Итого } З_{\text{осн}} = 9927,23 \text{ руб}$$

4.3.5. Накладные расходы

«Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д» [8].

«Накладные расходы в ТПУ составляют 25-35 % от суммы основной и дополнительной зарплаты работников, участвующих в выполнении темы.

Накладные расходы составляют» [8]:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Руководитель

$$З_{\text{накл}} = 0,25 \cdot (16682) = 4170,6 \text{ руб.}$$

Инженер

$$З_{\text{накл}} = 0,25 \cdot (19950) = 4987,4 \text{ руб.}$$

Итого $z_{осн} = 9158$ руб

4.3.6. Формирование бюджета затрат

На основании полученных значений затрат разрабатывается бюджет на научно-техническое исследование, приведенный в таблице.

Наименование статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	4511
Затраты на специальное оборудование для научных работ	4552,8
Отчисления на социальные нужды	9927,2
Накладные расходы	9158
Итого	28149

4.4. Организационная структура НТИ

Для развития проекта существует организационная структура, образованная различными специалистами. Организация рабочего процесса выстроена иерархически, каждой группой руководит компетентный специалист.

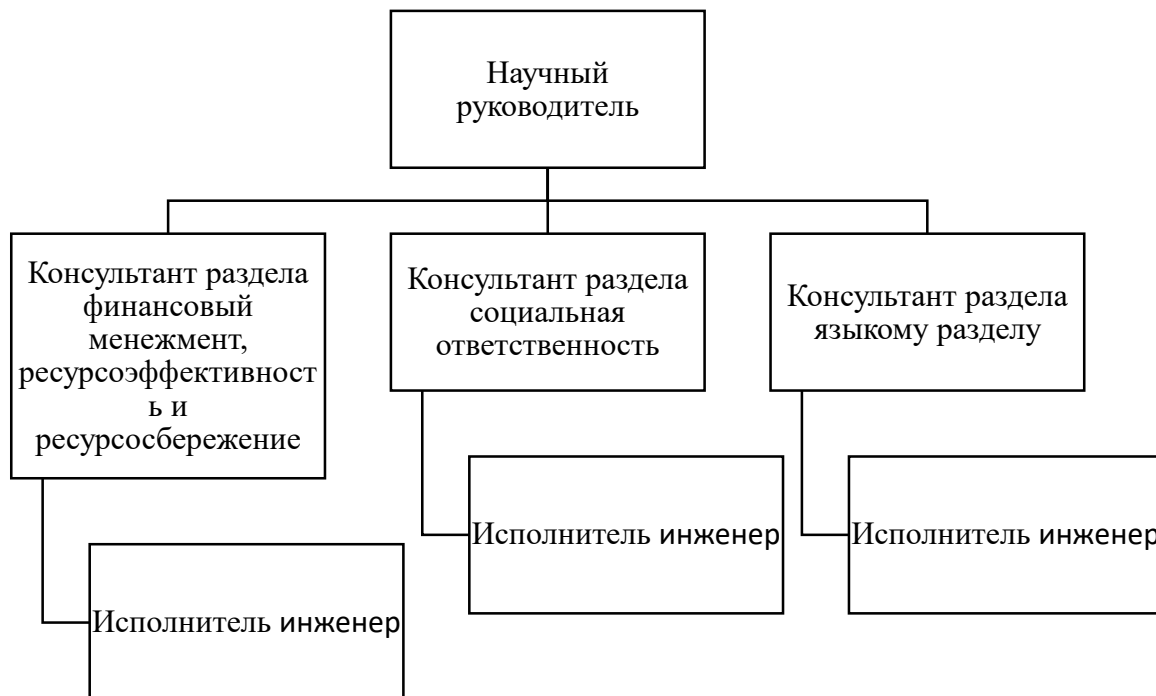


Рисунок Иерархическая структура

4.5. Матрица ответственности

«Степень ответственности каждого члена команды за принятые полномочия регламентируется матрицей ответственности. Степень участия в проекте характеризуется следующим образом: ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа и контролирующее его ход; исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта. Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа НТИ (если этап предусматривает утверждение); согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям» [8].

Этапы проекта	Научный	ФМ	СО	ИЧ	инженер
Поиск по тематике исследований	О				И
Постановка целей и задач	О				
Разработка календарного плана	О				И
Изучение особенностей материала					И
Гипотезы					И
разработка экспериментов	О				И
Выполнение расчётов и анализа данных	О				И
Обобщение и оценка результатов	У				И
Анализ результатов	У				И
Выполнение оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения		У			И
Выполнение раздела по социальной ответственности			У		И
Выполнение перевода части работы на немецкий язык				У	И
Подготовка к защите					И

ФМ– Консультант раздела «Финансовый менеджмент»

СО– Консультант раздела «Социальная ответственность»

ИЧ–Консультант по иностранной части

4.6. Оценка сравнительной эффективности исследования

«Для оценки бюджета затрат текущего проекта, и двух вариантов исполнения научного исследования наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения» [8].

- финансовые значения текущего проекта (политетрафторэтилена 4 МБК) равно 37622,3 руб.
- финансовые значения варианта 1 (поливинилхлорид) равно 58000 руб.
- финансовые значения варианта 2 (F-4 МБ) равно 43000 руб.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

Где

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущий проект}} = \frac{28149}{58000} \quad I_{\text{финр}}^{\text{текущий проект}} = 0,485$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{вариант 1}} = \frac{58000}{58000} \quad I_{\text{финр}}^{\text{вариант 1}} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{вариант 2}} = \frac{43000}{58000} \quad I_{\text{финр}}^{\text{вариант 2}} = 0,74$$

Выводы

В данной главе был произведен расчет продолжительности этапов работы, определена трудоемкость работ каждого из участников и построен линейный график работ. По данному графику можно судить о времени, затраченном на каждый из этапов проекта, вкладе каждого из участников и максимальном по длительности исполнении работ в рамках научно-исследовательского проекта.

В целях экономической оценки проекта составлен сводный сметный расчет. Затрат расходы на НИР составляют 28149 руб.

4. Социальная ответственность

«В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса» [9].

«Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда» [9] (Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации» от 17.07.99 №181 – ФЗ).

«Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками» [9].

«Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья» [9].

«Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности» [9].

4.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

«Опасный производственный фактор — производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях, может привести к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смерти» [11].

«Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности» [12].

Научно-исследовательская работа происходила на кафедре технической физики. Исследования велись на ПЭВМ, а также использовался ячейку измерительную ИЯ-2Т, разрывную машину РМИ 250, универсальный измеритель LRC Agilent E4980A, дифференциальный сканирующий калориметр ДСМ-2М.

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

Физические:

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

Химические: вредные вещества (многочисленные добавки, красители, пигменты, разнообразные соединения, включающие тяжелые металлы, используемые в качестве катализаторов при синтезе полиэтилена).

Психофизиологические:

- физические перегрузка (статическая, динамическая);

- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, перегрузки анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Таблица 19. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредоносные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение вычислений на ПЭВМ	-	Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и так далее)	-	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность
	-	Пожарная безопасность	Пожаро- и взрывобезопасность промышленных объектов. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность
Работа с разрывной машиной РМИ 250	-	Электрический ток	Общие требования безопасности к электрооборудованию машин в зависимости от конструкции должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0 и (или) ГОСТ 12.2.007.7.
	Шум	-	Значения шумовых характеристик должны устанавливаться в технических условиях и соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003.
Работа с ячейкой измерительной ИЯ-2Т и , универсальным измеритель LRC Agilent E4980А	Электромагнитное поле	-	ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин.
Работа с дифференциальным сканирующим калориметром ДСМ-2М	Шум	-	Значения шумовых характеристик должны устанавливаться в технических условиях и соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003.
	-	Электрический ток	Общие требования безопасности к электрооборудованию машин в зависимости от конструкции должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0 и (или) ГОСТ 12.2.007.7.

4.2. Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПЭМ и установке

4.2.1. Организационные мероприятия

«Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом» [12].

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

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе.

Организация рабочего места оператора на ПЭМ

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

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура — в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- документация размещается в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола — литература, не используемая постоянно.

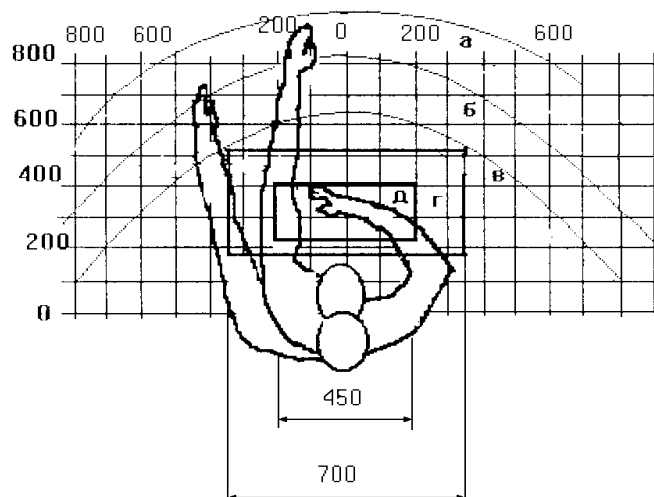


Рисунок 23. Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

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

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

«Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680–800 мм, высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм» [10]. «Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм» [10]. «Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм» [10].

«Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья» [10]. «Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420 – 550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглаблённым передним краем» [10].

«Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500 – 600 мм, согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана, лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране» [10].

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

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

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

«При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека» [10].

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

Таблица 20. Оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

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

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – от 20 до 25 °С, зимой – от 13 до 15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. «Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания» [11].

«Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему» [12]. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на

рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

«При работе с разрывной машиной РМИ 250 разрывная машина должна быть подключена к сети трехфазного тока напряжением 220-380 В и заземлена» [13].

Подводка тока должна быть изолирована и предохранена от возможности механического повреждения. Специальный крючок должен быть прочно закреплен в верхнем зажиме. При включении машины и вводе острия крючка между союзкой и защитным носком левая рука должна быть на рукоятке управления привода машины, а правая - на крючке на расстоянии не менее 30 мм от загнутой части.

«При работе с ячейкой измерительной ИЯ-2Т и универсальным измеритель LRC Agilent E4980A на человека воздействует электромагнитное поле (ЭМП). Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать значений, указанных в таблице. Во всех случаях при указании диапазонов частот каждый диапазон исключает нижний и включает верхний предел частоты» [11].

Таблица 21. Предельно допустимые значения энергетической экспозиции

Диапазоны частот	Предельно допустимая энергетическая экспозиция		
	По электрической составляющей, $(В/м)^2 \cdot ч$	По магнитной составляющей, $(А/м)^2 \cdot ч$	По плотности потока энергии, $(мкВт/см^2) \cdot ч$
От 30 кГц до 3 МГц	20000,0	200,0	—
От 3 до 30 МГц	7000,0	Не разработаны	—
От 30 до 50 МГц	800,0	0,72	—
От 50 до 300 МГц	800,0	Не разработаны	—
От 300 МГц до 300 ГГц	—	—	200,0

«Защита персонала от воздействия ЭМП осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий, а также использования средств индивидуальной защиты» [11]. «К организационным мероприятиям относятся: выбор рациональных режимов работы оборудования; ограничение места и времени нахождения персонала в зоне воздействия ЭМП» [11].

«Инженерно-технические мероприятия включают: рациональное размещение оборудования; использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование, использование минимальной необходимой мощности генератора); обозначение и ограждение зон с повышенным уровнем ЭМП» [11].

«Экранирование источников ЭМП или рабочих мест осуществляется с помощью отражающих или поглощающих экранов (стационарных или переносных) [10]. Отражающие экраны выполняются из металлических листов, сетки, ткани с микропроводом. «В поглощающих экранах используются специальные материалы, обеспечивающие поглощение излучения соответствующей длины волны» [10]. «В зависимости от излучаемой мощности и взаимного расположения источника, и рабочих мест конструктивное решение экрана может быть различным» [10].

К средствам индивидуальной защиты относятся защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты).

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

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

Существуют следующие способы защиты от электромагнитного поля:

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

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

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

4.3.Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается» [11]. «Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования» [11].

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Проходя через организм, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие на организм человека.

Термическое действие выражается в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов и нервных волокон.

Электролитическое действие выражается в разложении крови и других органических жидкостей, вызывая значительные нарушения их физико-химических составов.

Биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что может сопровождаться непроизвольным судорожным сокращением мышц, в том числе мышц сердца и легких. В результате могут возникнуть различные нарушения в организме, в том числе нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

«Раздражающее действие тока на ткани может быть прямым, когда ток проходит непосредственно по этим тканям, и рефлекторным, то есть через центральную нервную систему, когда путь тока лежит вне этих органов» [11].

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры.

4.4. Пожарная и взрывная безопасность

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

Сотрудники лаборатории должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной клетки.

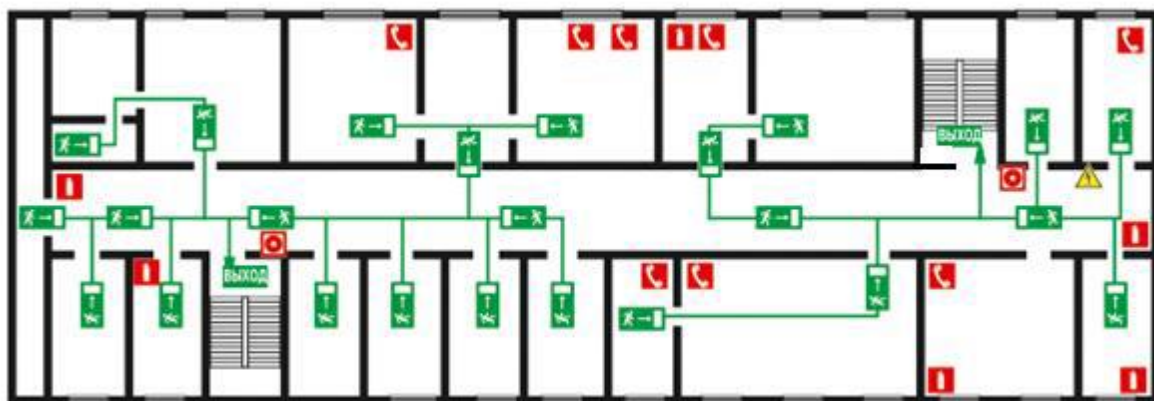


Рисунок 24. План эвакуации людей при пожаре и других ЧС

(первый этаж)

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;

– наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

«Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные» [12].

«Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации» [12].

«К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования» [12].

«К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности» [12]:

– исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);

– применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;

– правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);

– правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения — предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);

– обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;

– издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;

– соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании

зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;

- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- сообщить руководству (дежурному);
- позвонить в аварийную службу или МЧС – тел. 112;
- принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

В данной работе было исследовано влияние радиационного воздействия на политетрафторэтилен 4МБК. Результаты исследования показали, что политетрафторэтилен 4МБК обладает хорошими диэлектрическими характеристиками, а модификация политетрафторэтилен 4МБК ведет себя аналогично предшественнику F-4 МБ при облучении и имеет равные характеристики до и после облучения.

Полученные результаты ϵ и $\text{tg}\delta$ могут быть использованы при расчете параметров проектирования радиочастотных кабелей.

Следует отметить, что необходимо дополнительно провести дополнительные исследования политетрафторэтилен 4МБК в режиме «облучения», поскольку такой режим имитирует естественное воздействие на кабельные продукты, используемые в ядерной и космической промышленности, то есть в условиях повышенных температур и радиации.

Список использованных источников:

1. В. И. Беспалов, Лекции по радиационной защите, Томский политехнический университет, 2017, 695 с.
2. Провода и кабели с фторопластовой изоляцией/ Д. Н. Дикерман, В. С. Кунегин. – Москва: Энергоатомиздат, 1992. – 142 с.
3. Радиационная физика и химия полимеров/ Ф. А. Махлис. – Москва: Атомиздат, 1972. – 328 с.
4. О. И. Гудков и Б. А. Вторушим, Государственный специальный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений относительной диэлектрической проницаемости твердых и жидких диэлектриков в диапазоне частот 10-10⁷ Гц ГОСТ 8.403-80, Москва: ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ, 1980 г, 8 с.
5. ГОСТ 22372–77 Материалы диэлектрические. Методы определения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в диапазоне частот от 100 до 5×10⁶ Гц. – Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 19 с.
6. А. И. Лямкин, Ю. Л. Михлин, М. В. Горев И. Н. Флёрв, В. Д. Фокина, Экспериментальные методы исследований, Красноярск: Федеральное агентство по образованию Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет», 2007, 435 с.
7. ГОСТ 11262-80. Пластмассы. Метод испытания на растяжение. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – 11 с.
8. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, Томск: Издательство, 2014, 73с.
9. Федеральный закон "Об основах охраны труда в Российской Федерации" от 17.07.1999 N 181-ФЗ (последняя редакция), 1999 года.
10. ГОСТ Р 50948-2001, Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 2001. – 11 с
11. Санитарные правила и нормы, Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)"; 2001. – 8 с

12. ГОСТ 12.1.004-91. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования". – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 2015. – 96 с.
13. Действие ионизирующих излучений на неорганические и органические системы/ С. Я. Пщежецкий. – Москва: Издательство академии наук СССР, 1985. – 416 с.
14. Влияние облучения на материалы и элементы электронных схем/ В. Н. Быков, С. П. Соловьёв. – Москва: Атомиздат, 1967. – 427 с.
15. Ионизирующие излучения и кабельная техника/ Э. Э. Финкель, В. Ф. Сучков. – Москва: ВНИИЭМ, 1986. – 200 с.
16. Радиационная стойкость органических материалов: справочник/ В. К. Милинчук, В. И. Тупиков – Москва: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
17. Радиационная физика и химия полимеров/ Ф. А. Махлис. – Москва: Атомиздат, 1972. – 328 с.
18. Радиационные изменения электрофизических свойств полимеров/. – Москва: НИИТ ЭХИМ, 1986. – 93 с.
19. Фторполимеры/ А. Ю. Алыбина, С. П. Круковский. – Москва: Мир, 1985. – 448 с.

Приложение А

Research of dielectric properties dependence of new electrical insulating materials on radiation exposure

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0АМ6А	Роман Матиас Родриго		

Руководитель ВКР _____

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беденко С.В.	к.ф.-м.н.		

Консультант-лингвист Отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Смирнова У. А.	ст. преподаватель ОИЯ ШТИП		

Introduction

The usage of ionizing radiation is based on the interaction of radiation with matter and their behavior. Radioactive materials and ionizing radiation are widely used in medicine, industry, agriculture, teaching and research. Ionizing radiation is used in the radiodiagnosis, radiotherapy and nuclear medicine techniques.

Industry takes the ability of radiation to penetrate objects and materials due to the possibility to measure these particles quickly and accurately by obtaining accurate information on their spatial and temporal distribution.

Bright examples of the most significant usage of ionizing radiation in the industry are the sterilization of materials; scintigraphy or industrial radiography to verify welding joints in pipes; security detectors and X-ray surveillance in airports; smoke detectors; leak detectors in pipelines and radiocarbon dating, used to accurately determine the age of various materials.

The components of these equipment have a great interaction with detached particles, that is why the change of different properties of the materials is of high importance.

One of the most important kind of materials is dielectrics, which are responsible for the insulation of conductors carrying energy, information, and being important part of an automation. Therefore, studying of dielectric materials interaction with different doses of ionizing radiation is of high importance due to the possibility of their future development.

The objective of this project is to study the physical-mechanical, dielectric and thermal properties of Polytetrafluoroethylene 4МБК.

I. Effect of ionizing radiation

The electromagnetic spectrum is divided into two large groups, the first one has a long wavelength (ultraviolet, visible light, infrared, microwaves, radio waves and radio broadcasting range). This group is called non-ionizing radiation.

«Ionizing radiation is capable of knocking electrons out of their orbits around atoms, upsetting the electron/proton balance and giving the atom a positive charge» [2]. «Electrically charged molecules and atoms are called ions. Ionizing radiation includes the radiation that comes from both natural and man-made radioactive materials» [9].

There are several types of ionizing radiation:

Alpha particles (α) consist of two protons and two neutrons, with limited penetration into the substance, but with a high intensity of energy.

Beta particles (β) are electrons or positrons that are formed during the transformation in the nucleus of a neutron into a proton or vice versa, they are more penetrating, although less intense.

Gamma radiation (γ) consists of photons that originate from the nucleus of a radionuclide after radioactive decay. It is in the end of electromagnetic spectrum because it has a great penetrating power.

Neutrons The penetration capacity of neutrons is due to their lack of electrical charge so that the interaction of nuclei and electrons with neutron does not exist.

II. Radiation Doses

Ionizing radiation is invisible, noiseless, odorless, tasteless and intangible, that is why we can't detect with our senses. However, ionizing radiation can be detected and measured by various direct and indirect methods. The existence of the ionizing radiation can be recognized by the results of the impact of particles, the ability to ionize substances and be absorbed by them.

For the purpose of radiation protection, dose quantities are expressed in different ways:

Radioactive decay is the process by which an unstable atomic nucleus loses energy by emitting radiation. One Becquerel is defined as the activity of a quantity of

radioactive material in which one nucleus decays per second in the International System of Units.

Absorbed dose. Ionizing radiation penetrates the human body or an object, it deposits energy in the object which produces ionization and, consequently, changes in his molecules. In the International System of Units, the absorbed dose is measured in joules (J) for kilograms (kg), known as Gray (Gr). Rad "radiation absorbed dose" is also a unit of absorbed dose. $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ Gy}$.

Equivalent dose is a physical quantity that describes the effect of ionizing radiation on different living tissues. The unit of its measurement is called Sievert (Sv). The equivalent dose is of greater biological value than the absorbed dose. the equivalent dose provides a single unit that accounts for the degree of harm that different types of radiation would cause to the same tissue.

Effective dose is an indication of how exposure can affect overall health because different tissues and organs have different radiation sensitivities.

Detection and measurement of ionizing radiation is based on the interaction of radiation with matter. Taking into account their functionality, the measuring instruments can be classified as radiation detectors or dosimeters.

Radiation detectors are direct reading devices, usually portable, which indicate the radiation speed, (dose received per unit time).

Dosimeters are radiation meters designed to measure the dose of radiation accumulated over a certain period of time. They are used to measure the exposure dose of irradiated personnel or for those who remain in areas where it is a risk of exposure.

III. Cables and materials in nuclear power plants

A nuclear power plant has thousands of kilometers of electric cables and wires. They are in charge of transfer information, supply devices with energy. Cables are covered by different types of insulation to protect them from environmental conditions, contacts with aggressive agents and manipulation, conductors must be isolated. They are divided into two main groups:

Thermoset contains polymers that cross-link together during the curing process to form an irreversible chemical bond. The cross-linking process eliminates the risk of

the product re-melting when heat is applied, making thermosets ideal for high-heat applications such as electronics and appliances.

Thermoplastic pellets soften when heated and become more fluid as additional heat is applied. The curing process is completely reversible as no chemical bonding takes place. This characteristic allows thermoplastics to be remolded and recycled without negatively affecting the material's physical properties.

IV. **Polytetrafluoroethylene**

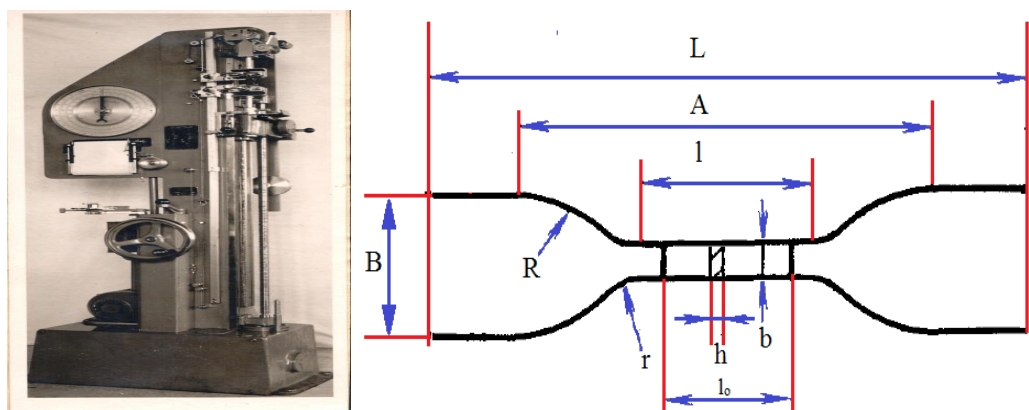
Fluoropolymers are not susceptible to the van der Waals force. This helps to maintain their non-stick properties and reduce friction.

Polytetrafluoroethylene has excellent properties, such as chemical inertness, heat resistance, electrical insulation properties, low coefficient of friction and non-stick property over a wide range of temperatures (-260° to 260° C).

Polytetrafluoroethylene has excellent electrical properties, such as high insulation resistance, low dielectric constant and low dispersion coefficient. Polytetrafluoroethylene is affected by radiation, its degradation in air begins at a dose of 0.02 Mrad.

V. **Tensile Test**

After the yield strength, the material enters the plastic deformation region, which means that the stretch of the wire is permanent. At the failure point the wire reaches its snaps. The most important physic-mechanical properties are: the maximum tensile stress, and the maximum tensile strain before the failure. To determine these properties, a testing machine (PMИ 250) is used.



Picture 1 Testing machine (PMИ 250) and sample

The sample is prepared by Polytetrafluoroethylene 4MBK following the procedures of the manual ГОСТ 11262–80. the sample is placed in a tension machine and stretched to the breaking point.

VI. Determination of dielectric properties

The most common types of substances are conductors and dielectrics. The main feature of conductors is the presence of free charges (electrons), which participate in thermal motion and can freely move through the entire volume of the conductor. The most common conductors are metals.

«Dielectric is an insulating material or a very poor conductor of electric current. When dielectrics are placed in an electric field, practically no current flows in them because, unlike metals, they have no loosely bound, or free, electrons that may drift through the material. Instead, electric polarization occurs» [14]. «The positive charges within the dielectric are displaced minutely in the direction of the electric field, and the negative charges are displaced minutely in the direction opposite to the electric field. This slight separation of charge, or polarization, reduces the electric field within the dielectric» [14].

Permittivity

«The dielectric constant is the ratio of the permittivity of a substance to the permittivity of a vacuum. It is an expression of the extent to which a material concentrates electric flux, and is the electrical equivalent of relative magnetic permeability» [14].

«As the dielectric constant increases, the electric flux density increases, if all other factors remain unchanged. This enables objects of a given size, such as sets of metal plates, to hold their electric charge for long periods of time, and/or to hold large quantities of charge. Materials with high dielectric constants are useful in the manufacture of high-value capacitors» [14].

Dielectric loss angle tangent

Dielectric losses are the energy dissipated in an insulating material under the influence of an electric field. The ability of a dielectric to dissipate energy in an electric field is usually characterized by the dielectric loss angle, as well as the tangent of the

dielectric loss angle. Dielectric losses are the energy dissipated in an electrical insulating material under the influence of an electric field. The ability of a dielectric to dissipate energy in an electric field is usually characterized by the dielectric loss angle, as well as the tangent of the dielectric loss angle.



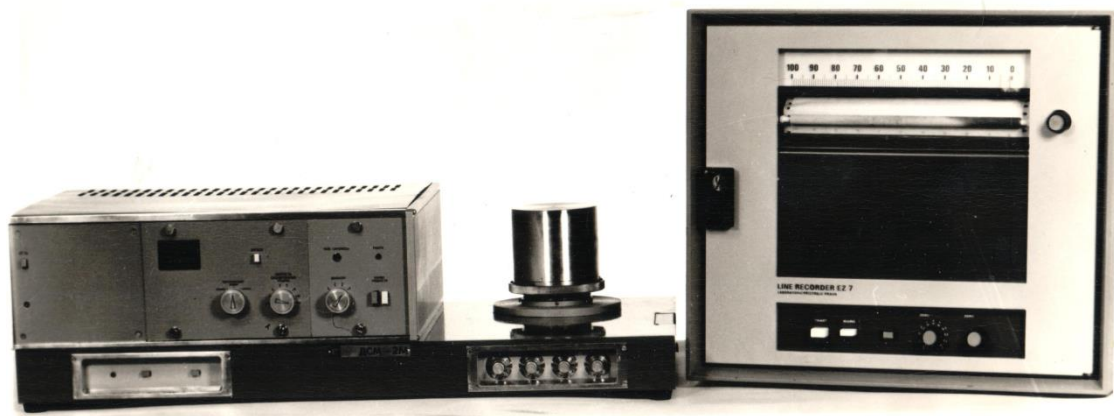
Picture 2 Measurement cell (ИЯ-2Т) and Precision LCR Meter Agilent E4980A

Measurement cell (ИЯ-2Т) and Precision LCR Meter Agilent E4980A were used to measure the dielectric properties (permittivity and dielectric loss angle tangent) from our samples which were made with 50 mm in diameter and 1.5 in thickness by polytetrafluoroethylene 4 МБК following the method ГОСТ 8.403-80.

The differential scanning calorimetry method is based on recording of the measurement and the flow of heat absorbed or released by the sample under study.

VII. Differential Scanning Calorimeter Tests

The calorimeter (ДСМ-2М) is provided technically by two cameras, the reference and operation cameras. In the presence of heat absorption in the test sample, the temperature balance of the chambers is interrupted and underbalanced of the measuring appears.

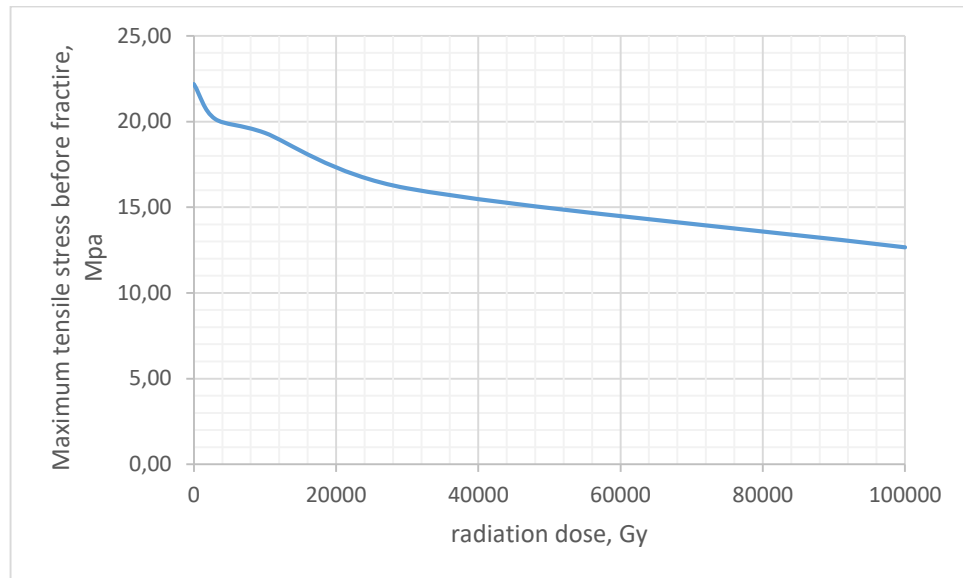


Picture 3 Calorimeter (DCM-2M)

This signal is amplified by the amplifier and transmitted to the heating element of the calorimetric working chamber, due to the addition of the compensation current to the reference current of constant magnitude, the compensation current is directly proportional to the power of the process. The samples used in this experiment have 20mg in average by test. We determined the melting temperature and Enthalpy of fusion to determinate maximum resistance to temperature and energy by mass.

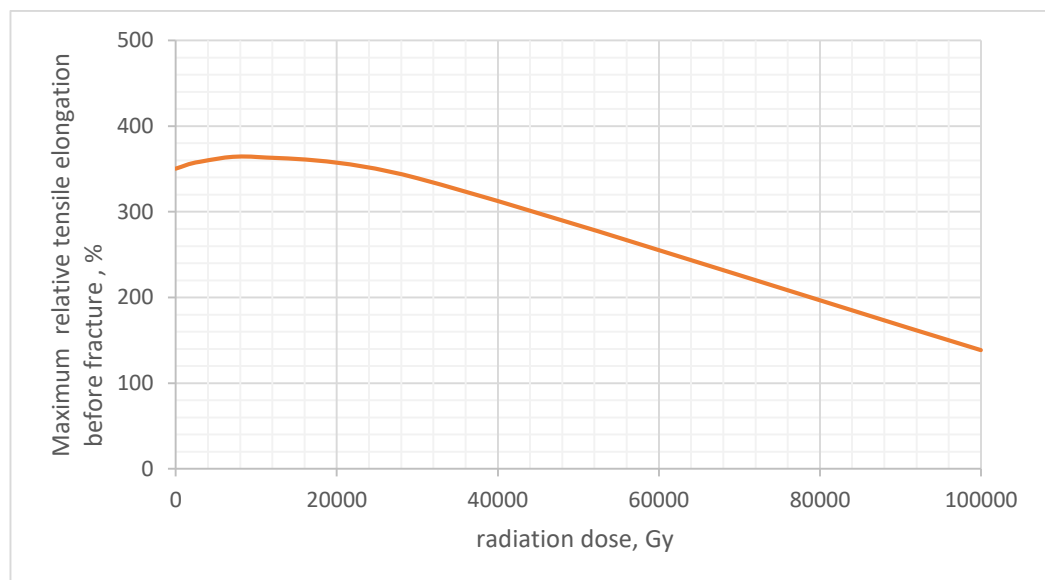
Conclusions and results

The samples in the different experiments were exposed by different doses: $3 \cdot 10^3$, 10^4 , $3 \cdot 10^4$, 10^5 , $3 \cdot 10^5$ Gy. We obtained the next results.



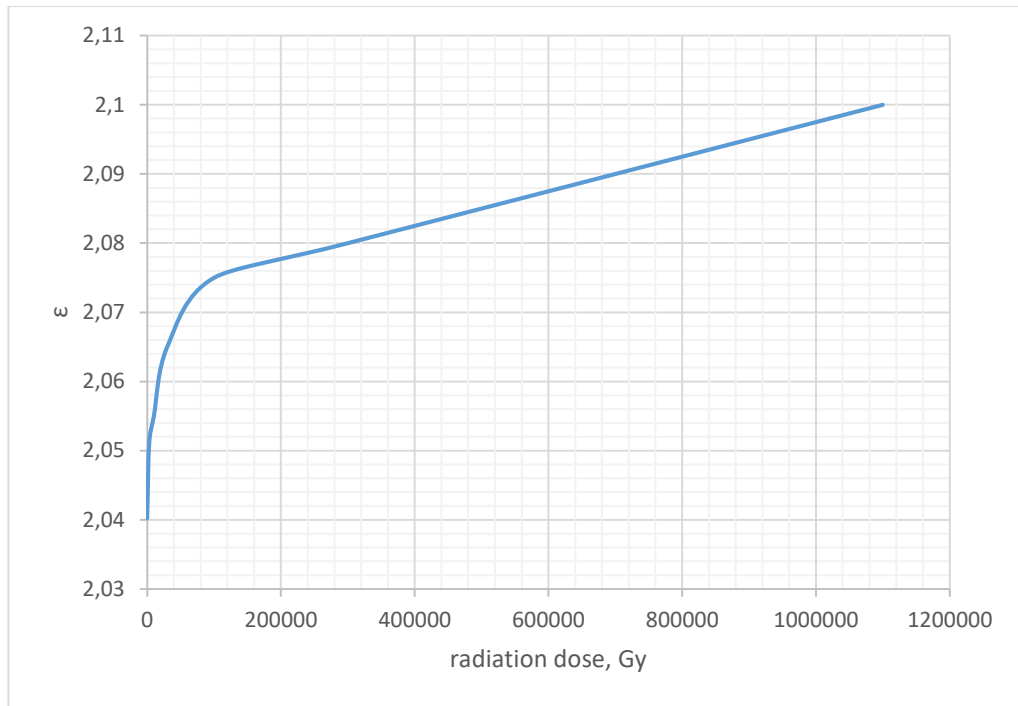
Picture 4 Dependence of the maximum load on the radiation dose

The maximum tensile stress on the test sample decreases as the radiation dose of the sample increases. This is due to the destruction process in the sample material.



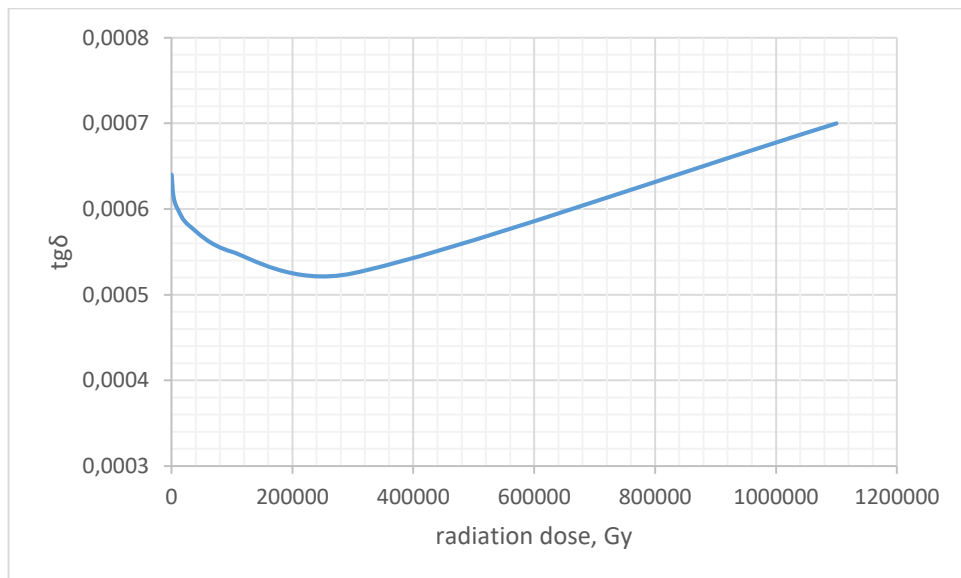
Picture 5 Dependence of the maximum elongation on the radiation dose

The magnitude of the maximum relative tensile elongation before fracture decreases as the radiation dose increase.



Picture 6 Particle Dependence of ϵ value on the radiation dose

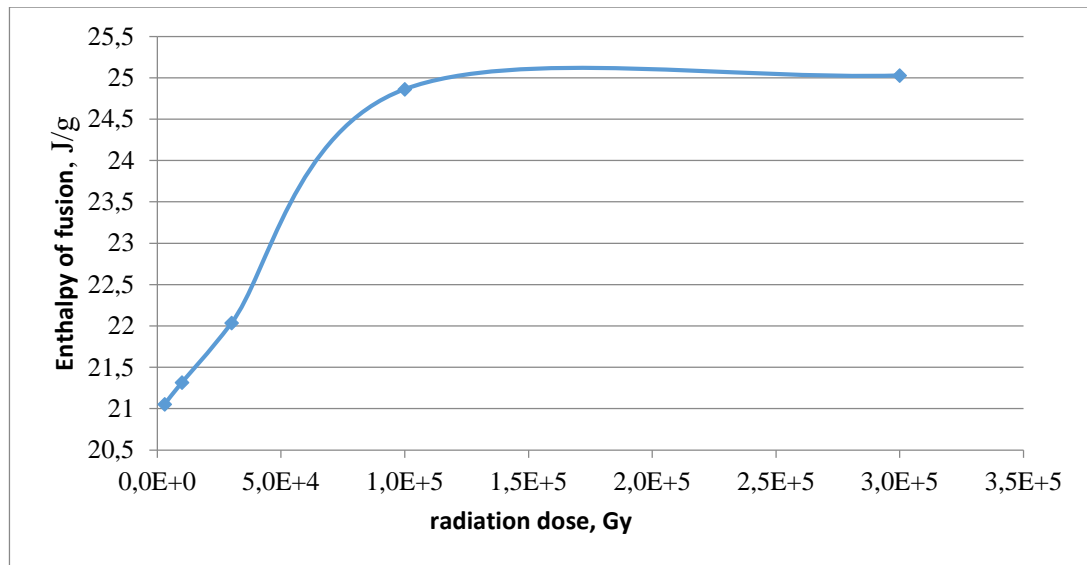
The relative dielectric constant increases constantly after a radiation of 10kGy since 2,076 because at this point the electric flux density increases slower. The property of our material to hold electric charge for long periods of time is improved.



Picture 7 Dependence of $\text{tg } \delta$ value on the radiation dose.

Dielectric loss angle tangent in the beginning decreases until a dose of 30kGy but with bigger radiation doses the dielectric loss angle tangent of our samples increases

because part of the electrical energy is lost as heat in our dielectric, as a result the capacity of isolate energy is becoming worse.



Picture 8 Dependence of enthalpy on radiation dose

The energy necessary to melt our sample increases while our samples are irradiated.

With our previous analysis we can conclude that when the polytetrafluoroethylene 4 MBK is exposed to ionizing radiation it loses the capacity of elongation. There is a point where the sample is becoming smaller than the initial condition (doses greater than 105 Gy). The resistance to fracture also is affected by ionizing radiation the minimum registered was 12, 66 MPa.

The dielectric constant increases while the radiation dose increases. This phenomenon gives the possibility of improving the dielectric properties but the dielectric loss angle tangent shows loss of heat in the dielectric. Probably through small fissures changing his molecular structure.

The enthalpy of fusion gets its maximum value at 25 J/g and keeps constant for higher ionizing radiations, the melting temperature is 250 °C.

REFERENCES

1. V.N. Egorov, V.L. Masalov, Yu.A. Nefyodov et al, *Rev. Sci. Instrum.* 75, 4423–4433 (2004).
2. V.N. Egorov, V.L. Masalov, N.Q. Quang, *Measurement Techniques* 57, 414 1–7 (2014).
3. R. Keam, A.D. Green *Electron. Lett.* 31, 212–214 (1995).
4. P.K. Yu, A.L. Cullen *A L Proc. Roy. Soc. Lond. Math. Phys. Sci.* 380, 49–71 (1982).
5. H.E. Bussey, D. Morris, E.B. Zaltsman *IEEE Trans. Instrum. and Meas.* 23, 235–239 (1974).
6. R.G. Jones *Proc. Inst. Elec. Eng.* 123, 285–290 (1976).