

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра «Электротехнические комплексы и материалы»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка влияния дозы облучения ионизирующей радиацией на ресурс полиэтилена кабельных марок

УДК 678.742.23-047.37:679.743:539.16.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ4В	Теляшкин Дмитрий Семенович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А.А.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	д.т.н., профессор		

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения
P1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>
P3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>
P4	<i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.</i>
P6	<i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.</i>
P7	<i>Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.</i>
P8	<i>Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.</i>
P9	<i>Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.</i>
P10	<i>Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.</i>
P11	<i>Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.</i>
P12	<i>Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.</i>

Форма задания на выполнение выпускной квалификационной работы

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



Институт Энергетический
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра «Электротехнические комплексы и материалы»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Гарганеев А.Г.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ4В	Теляшкину Дмитрию Семеновичу

Тема работы:

Оценка влияния дозы облучения ионизирующей радиацией на ресурс полиэтилена кабельных марок	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объект исследования:</i> <ul style="list-style-type: none">Полиэтилен кабельной марки 153-10К <i>Исходный данные:</i> <ul style="list-style-type: none">Полиэтилен кабельной марки 153-10КСтатические данные исследования полиэтилена кабельной марки 153-10К
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>Исследуемый материал</i> <i>Измерительная аппаратура и испытательное оборудование</i> <i>Результаты исследований и испытаний</i>
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Основная часть	Шуликин С.Н.
Социальная ответственность	Романцов И.И.
Финансовый менеджмент,	Фигурко А.А.

ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Иностранный язык	Федоринова З.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: введение; исследуемый материал; измерительная аппаратура и испытательное оборудование; результаты исследований и испытаний; социальная ответственность; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, заключение.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	1 сентября 2014 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ4В	Теляшкин Д.С.		

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



Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Уровень образования Магистратура
 Кафедра «Электротехнические комплексы и материалы»
 Период выполнения _____ 1 сентября 2014 г. – 30 мая 2016 г. _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация <small>(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)</small>

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30 мая 2016 г.
--	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Исследуемый материал</i>	20
	<i>Измерительная аппаратура и испытательное оборудование</i>	20
	<i>Результаты исследований и испытаний</i>	20
	<i>Социальная ответственность</i>	20
	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 142 стр., 14 рис., 29 табл., 76 источников литературы, 2 прил.

Ключевые слова: КАБЕЛЬ, ПОЛИЭТИЛЕН, НАДЕЖНОСТЬ, РЕСУРС, ДЕСТРУКЦИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, АНТИОКСИДАНТ.

Объектом исследования является полиэтилен кабельной марки 153-10К.

Предметом исследования являются влияние радиационного облучения на ресурс полиэтилена кабельной марки 153-10К.

Целью работы является оценка влияния дозы облучения ионизирующей радиацией на ресурс полиэтилена кабельных марок.

В процессе работы использовались как специальное программное обеспечение, так и стандартные программы (Microsoft Word, Microsoft Paint, Microsoft Excel, MathType).

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 на белой бумаге формата А4 и предоставлена на диске (в конверте, на обороте обложки).

Содержание

Введение.....	10
1 Исследуемый материал.....	12
1.1 Механизм действия стабилизаторов	19
1.2 Методы определения содержания стабилизаторов	20
1.3 Влияние ионизирующей радиации на полиэтилен.....	24
1.4 Изменение свойств полиэтилена при облучении	29
2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование.....	38
2.1 Определение температуры плавления и начала окисления.....	38
2.1.1 Отбор поставляемых партий полиэтилена марки 153-10К для исследований с помощью дифференциального сканирующего микрокалориметра	38
2.1.2 Сущность метода и порядок проведения измерений	39
2.1.3 Контроль точности результатов измерений.....	41
2.2 Испытание на разрыв при растяжении	42
2.2.1 Изготовление и подготовка образцов для испытаний на растяжение при разрыве.....	42
2.2.2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование.....	44
2.2.3 Методика обработки данных и погрешности	45
2.2.4 Сущность метода и порядок выполнения измерений.....	46
2.2.5 Контроль точности результатов измерений.....	49
2.3 Нахождение тангенса угла диэлектрических потерь и относительной диэлектрической проницаемости	50
2.3.1 Изготовление и подготовка образцов для определения тангенса угла диэлектрических потерь.....	50
2.3.2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование.....	51
2.3.3 Методика обработки данных и погрешности	54
2.3.4 Сущность метода. Выполнение измерений диэлектрической проницаемости	55
2.3.5 Контактный метод измерения $\text{tg } \delta$ с сохранением межэлектродной ёмкости ячейки. Сущность метода. Выполнение измерений.....	57
2.3.6 Контроль точности результатов измерений.....	58

2.4 Облучение исследуемого материала.....	59
3 Результаты исследований и испытаний.....	61
3.1 Определение температуры плавления и начала окисления полиэтилена с помощью ДСК-2М.....	61
3.2 Испытание на растяжение при разрыве.....	64
3.3 Результаты измерения тангенса угла диэлектрических потерь и относительной диэлектрической проницаемости.....	67
3.4 Анализ полученных результатов.....	68
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73
4.1 Производственная безопасность.....	74
4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	74
4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	76
4.2 Экологическая безопасность.....	84
4.2.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду.....	84
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	85
4.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	85
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	92
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	92
5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	94
5.3 Технология QuaD.....	95
5.4 Планирование управления научно-техническим проектом.....	97
5.5 Бюджет научного исследования.....	103
5.5.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	103
5.5.2 Расчет затрат на материалы.....	103
5.5.3 Расчет заработной платы.....	104

5.5.4 Расчет затрат на социальный налог	106
5.5.5 Расчет затрат на электроэнергию	106
5.5.6 Расчет амортизационных расходов	107
5.5.7 Расчет прочих расходов	108
5.5.8 Расчет общей себестоимости разработки.....	108
Заключение	110
Список использованной литературы.....	111
Приложение А	117
Приложение Б.....	142

Введение

Значительный рост мирового энергопотребления в XXI веке неизбежен, особенно в развивающихся странах. Глобальное потребление энергии, по всей видимости, удвоится к середине века, даже если исходить из очень низких темпов роста. Этот рост зависит от развития мировой экономики, роста населения и стремления к более равномерному распределению потребления энергии по регионам мира. В ближайшие десятилетия углеводородное топливо будет продолжать служить главным источником энергии, однако освоенные его месторождения исчерпываются, а введение в оборот новых требует все больших инвестиционных затрат. Следствием этого должны стать постепенные изменения в инфраструктуре производства энергии, обусловленные как экономическими (повышение цен и их изменчивость), так и природоохранными факторами, а также дальнейшим развитием технологий новых видов топлива. В последнее время большое внимание в международных дискуссиях уделялось экологическим последствиям использования ископаемого топлива. Введение глобальных ограничений на выбросы парниковых газов и региональные ограничения на другие загрязнители атмосферы серьезно повлияют на структуру эволюционирующей мировой энергетики и потребуют значительных дополнительных инвестиций для сдерживания роста выбросов. Позитивному решению этих проблем будет способствовать развитие ядерной энергетики. Чтобы в глобальном масштабе существенно повлиять на производство энергии, обеспечить энергетическую безопасность и ослабление парникового эффекта, производство ядерной энергии должно быть увеличено к середине века в 4-5 раз, чем ныне достигнутого.

Вследствие этого безопасное и эффективное использование и обслуживание атомных установок является одним из основных направлений, необходимых для качественной эксплуатации атомной энергии.

В любом энергогенерирующем предприятии, кабельные изделия являются неотъемлемой частью энергетической системы, и так как

надежность системы определяет каждая составляющая часть, повышение срока службы материалов применяемых в кабельных изделиях повысят надежность всей системы.

Актуальность данной работы заключается в повышение срока эксплуатации кабельно-проводниковой продукции, которая определенно повысит надежность всей энергетической системы.

Очевидно то, что критериями безопасности, т.е. «состояния защищенности объекта от внутренних и внешних угроз», являются предельные показатели характеристик качества объекта и внешних факторов, воздействующих на объект, в процессе его жизненного цикла. Очевидно также, что количественные показатели определяются посредством измерений, которые выполняют главные (определяющие) функции безопасности и являются инструментами обеспечения безопасности в любых видах деятельности.

Основным фактором, снижающим работоспособность кабельных изделий, при эксплуатации вблизи атомного реактора является радиационное облучение.

Целью данной работы является анализ влияния дозы облучения ионизирующей радиацией на ресурс полиэтилена кабельных марок с учетом его исходных характеристик.

Для решения цели поставлены следующие задачи:

1. Исследование влияния дозы облучения на расход стабилизатора;
2. Анализ влияния дозы облучения на прочностные характеристики полиэтилена;
3. Анализ влияния радиационного излучения на диэлектрические характеристики полиэтилена.

1 Исследуемый материал

Выбор полиэтилена (ПЭ) в качестве исследуемого материала обусловлен массовым применением данного материала для изоляции и оболочки кабельной продукции. Анализ существующей номенклатуры кабельных изделий показывает, что при изготовлении около 40 % от всех, изготовленных в России марок кабельных изделий, используют ПЭ. Этот материал обладает высокой технологичностью, хорошими механическими свойствами, стойкостью к агрессивным средам, высоким электрическим сопротивлением. Специфические требования к кабельным изделиям реализуют путем создания специальных композиций на основе этих материалов, при этом их свойства могут быть модифицированы также в процессе изготовления продукции [1].

Полиэтилен – синтетический термопластичный неполярный полимер, принадлежащий к классу полиолефинов. Продукт полимеризации этилена это твердое вещество белого цвета. Выпускается в форме полиэтилена низкого давления (полиэтилена высокой плотности), получаемого суспензионным методом полимеризации этилена при низком давлении на комплексных металлоорганических катализаторах в суспензии или газофазным методом полимеризации этилена в газовой фазе на комплексных металлоорганических катализаторах на носителе. И полиэтилена высокого давления (полиэтилен низкой плотности), получаемого при высоком давлении полимеризацией этилена в трубчатых реакторах или реакторах с перемешивающим устройством с применением инициаторов радикального типа [2].

Как правило, полиэтилен выпускают в виде стабилизированных гранул диаметром 2-5 миллиметров в окрашенном и неокрашенном виде. Но возможен и промышленный выпуск полиэтилена в виде порошка.

В зависимости от условий полимеризации различают три вида ПЭ:

- высокого давления (ПЭВД) или низкой плотности (ПЭНП);
- низкого давления (ПЭНД) или высокой плотности (ПЭВП);

- линейный, низкого давления, низкой плотности (ЛПЭНП).

В опытах будет использоваться второй вид полиэтилена ПЭВД. ПЭВД получают полимеризацией этилена в присутствии кислорода и инициаторов полимеризации (пероксидных соединений) при температуре 200-300 °С и давлении 100-350 МПа. На рисунке 1.1 указана структура данного полимера.

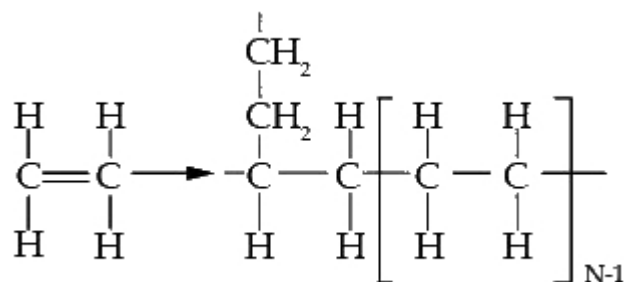


Рисунок 1.1 – Химическая структура ПЭВД

В процессе полимеризации образуется полимер с большим содержанием коротких и длинных боковых ответвлений, расположенных хаотично. Благодаря такой структуре ПЭВД иногда называют полиэтилен с разветвленной цепью.

Разветвленность строения является причиной образования рыхлой частично кристаллической структуры и, как следствие, уменьшения плотности полимера. Степень кристалличности не выше 50-60%, а плотность лежит в пределах 910-935 г/см³.

Полиэтилен низкой плотности является неполярным аморфно-кристаллическим полимером. Молекулярная масса промышленных марок колеблется от 3 · 10⁴ до 50 · 10⁴. Перерабатывается методом экструзии. Основные физико-механические характеристики приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные физико-механические характеристики ПЭВД

Плотность, кг/м ³	918-935
Температура плавления, °С	105-115
Морозостойкость, °С	-70
Разрушающее напряжение, МПа, при: растяжении изгибе	10-16 12-17
Относительное удлинение, %	150-1000
Удельная теплоемкость, кДж/(кг· °С)	2.1-2.8
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м· °С)	0.2-0.3
Коэффициент линейного термического расширения в твердом состоянии, 10 ⁴ °С ⁻¹	2.2-2.5
Электрическая прочность, МВ/м	45-60

Данный полимер устойчив к действию бензина, керосина, нефти, спиртов, различных растворителей, разбавленных и концентрированных растворов щелочей и солей. На воздухе под действием диоксида углерода, кислорода и влаги, а также статических напряжений в изделиях из ПЭВД могут появляться трещины. Растрескивание изделий под воздействием механических напряжений резко ускоряются при их контакте с поверхностно-активными соединениями, понижающими поверхностную энергию материала.

При нагревании на воздухе до температуры выше 290 °С ПЭВД подвергается термоокислительной деструкции, а солнечная радиация вызывает его фотолиз. Процессы деструкции протекают по радикальному механизму с выделением низкомолекулярных продуктов – альдегидов, кетонов, перекиси водорода. Ультрафиолетовая часть солнечного света вызывает не только фотохимическую деструкцию, но и структурирование полимера. Для стабилизации ПЭВД в композицию вводят антиоксиданты – ароматические амины, фенолы, фосфиты и др.

ПЭВД сочетает относительно невысокую цену с высокими показателями диэлектрических свойств, стабильными в различных температурно-влажностных условиях эксплуатации и широком частотном диапазоне, и достаточно высокими физико-механическими показателями. Эластичность сохраняется до -65 ± 5 °С. Температура длительной эксплуатации составляет 70 °С. Полиэтилен высокого давления не токсичен, и не выделяет в окружающую среду опасных для здоровья человека веществ, изделия на его основе разрешены для использования в контакте с пищевыми продуктами. Вредное влияние могут оказать только продукты его разложения.

Метод полимеризации позволяет получить как базовые марки ПЭВД, так и композиции на их основе (например, путем введения различных стабилизаторов, антиоксидантов, прививки силанов и т.д.). В обозначении базовых марок полимера в состоянии поставки первая цифра указывает на способ производства (1 – высокое давление при полимеризации). Две последующие цифры обозначают метод производства базовой марки: от 1 до 49 – при использовании автоклавного метода; от 50 до 99 – при использовании трубчатого реактора. Четвертая цифра указывает на способ усреднения полимера: холодным смешением гранул – 0, в расплаве – 1. Цифры, расположенные через тире, указывают на показатель текучести расплава (ПТР), увеличенные в 10 раз.

Композиции общего назначения делятся на изоляционные и шланговые. Обозначения композиций состоит из базовой марки (первые три цифры), после тире – номер рецептуры добавки и буквы К (кабельная). Например: изоляционная – 153-01К; шланговая – 153-10К. Полный список композиций ПЭ низкой плотности указан в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Композиции ПЭ низкой плотности, предназначенные для наложения изоляции и оболочек проводов и кабелей методом экструзии

Марка композиции	Вид добавки	Состав добавки	Концентрация добавки, %
102-01К, 107-01К 153-01К, 178-01К 180-01К	термостабилизатор	нонокс СЈ	0.1
102-02К, 107-02К 153-02К, 178-02К 180-02К	термостабилизатор	нонокс WSP	0.1
102-04К, 107-04К 153-04К, 178-04К 180-04К	термостабилизатор	сантонокс	0.1
102-09К, 107-09К 153-09К, 178-09К	термостабилизатор светостабилизатор	нонокс СЈ сажа ДГ-100	0.1 0.5
102-10К, 107-10К 153-10К, 178-10К	термостабилизатор светостабилизатор	нонокс СЈ сажа ДГ-100	0.1 2.0
102-57К	термостабилизатор	агидол-40	10.0
102-93К, 107-93К 153-93К, 178-93К	термостабилизатор	фенозан-30	0.1
102-94К, 107-94К 153-94К, 178-94К	термостабилизатор светостабилизатор	АО-40 сажа ДГ-100	0.1 0.5
102-95К, 107-95К 153-95К, 178-95К	термостабилизатор светостабилизатор	Фау-13 сажа ДГ-100	0.1 2.0
102-96К, 107-96К 153-96К, 178-96К	термостабилизатор светостабилизатор	нонокс СЈ сажа ДГ-100	0.1 0.5
102-97К, 107-97К 153-97К, 178-97К	термостабилизатор светостабилизатор	нонокс СЈ сажа ДГ-100	0.1 2.0
102-99К, 107-99К 153-99К, 178-99К	термостабилизатор светостабилизатор	тиоалкофен БМ сажа ДГ-100	0.1 0.5
102-100К, 107-100К 153-100К, 178-100К	термостабилизатор светостабилизатор	тиоалкофен БМ сажа ДГ-100	0.1 2.0
107-61К	термостабилизатор	церехлор таймононокс нонокс WSP	5.0 5.0 0.1

Изоляционная композиция содержит в своем составе антиоксиданты, термостабилизаторы, дезактиваторы меди, процессинговые добавки, предотвращающие деструкцию полимера в процессе переработки, эксплуатации и хранения. Применяются для изоляции проводов и кабелей,

поэтому важнейшими характеристиками этих композиций являются электроизоляционные, некоторые из которых приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Основные характеристики кабельных марок изоляционных композиций полиэтилена

Параметр	Марка полиэтилена			
	102- (01,02)К	153- (01,02)К	107- (01,02)К	178- (01,02)К
Плотность, г/см ³	0.922- 0.924	0.918- 0.922	0.917- 0.920	0.917- 0.921
ПТР, г/10 мин	0.24-0.36	0.21-0.39	1.7-2.3	1.05-1.95
Прочность при разрыве, МПа, не менее	14.7	13.7	12.2	11.7
Относительное удлинение при разрыве, % не менее	600	600	550	600
tgδ при частоте 1 МГц,	$3 \cdot 10^{-4}$			
Диэлектрическая проницаемость при частоте, 1 МГц, не более	2.3			
Электрическая прочность при толщине образца 1 мм при переменном напряжении частоты 50 Гц, кВ/мм	40			
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$1 \cdot 10^{16} - 1 \cdot 10^{17}$			
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	10^{15}			

Шланговые композиции применяют для изготовления оболочек проводов и кабелей. Содержит термо- и светостабилизаторы, антиоксиданты,

которые предотвращают воздействие тепла и света на полимерный материал. Несмотря на наличие антиоксидантов, скорость окисления ПЭ резко возрастает при воздействии солнечного света, особенно ультрафиолетовой части его спектра. В настоящее время наряду с техническим углеродом применяют светостабилизаторы нового поколения, например, тинувин, хемассорб, имеющие светлую окраску, что позволяет окрашивать оболочку проводов и кабелей в различные цвета. От шланговых композиций ПЭ не требуется высокие электрические характеристики. Основную роль играют механические свойства, морозостойкость, стойкость к действию агрессивных сред, озоностойкость и т.д. В таблице 1.4 приведены значения механических характеристик в зависимости от кабельных марок шланговых композиций ПЭ.

Таблица 1.4 – Основные параметры кабельных марок шланговых композиций ПЭ

Параметр	102-10К	153-10К	107-10К	178-10К
ПТР, г/10 мин	0.24- 0.36	0.21- 0.39	1.7-2.3	1.05- 1.95
Прочность при разрыве, МПа, не менее	14.7	13.7	12.2	11.7
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	600	600	550	600
Стойкость к растрескиванию, ч, не менее	500	500	2.5	2.5
Стойкость фотоокислительному старению, ч, не менее	500			
Температура хрупкости после 1000 ч облучения лампой ДРТ-400, °С	-70			

1.1 Механизм действия стабилизаторов

Как говорилось ранее, основной недостаток ПЭ, как, впрочем, и многих других полимеров является его окисление атмосферным кислородом [3-7]. Окислению предшествует растворение кислорода при переработке ПЭ, хранении и эксплуатации [8]. В связи с этим в кабельной продукции не используют «чистый» ПЭ, а применяют специальные композиции, в которых с целью замедления процессов, протекающих при старении, растворены стабилизирующие вещества – ингибиторы старения, получившие название антиоксидантов [9-12].

Исследование старения ПЭ при высокой температуре в инертной среде показало, что в этих условиях характерны химические реакции деструкции, протекающие с разрывом главной цепи макромолекулы из-за внутримолекулярной миграции атома водорода, в результате которой образуются два осколка цепи: один с насыщенным концевым звеном, а другой с ненасыщенным [13, 14].

В ПЭ углеродная связь является одной из наиболее устойчивых к термическому воздействию, однако наличие атомов водорода в молекуле полимера сильно понижает энергию этой связи [15, 16].

Деструкция полимера в присутствии кислорода протекает через стадию образования перекисей и возникновения активных центров, образующихся в результате распада этих перекисей.

Введение же в ПЭ ароматических аминов, фенолов, сульфидов ингибируют свободно-радикальные цепные процессы и скорость окисления, что в свою очередь значительно понижают деструкцию данного полимера [17-23].

Эффективными антиоксидантами ПЭ являются фенолы и ароматические амины, в молекулах которых имеются две или несколько активных функциональных групп, расположенных близко друг от друга. Эффективность антиоксидантов проявляется в торможении радикально-

цепного процесса термоокислительной деструкции, что приводит к отсутствию поглощения кислорода и сохранению комплекса физико-химических свойств на исходном уровне. Время торможения называют периодом индукции, при этом по величине периода индукции можно оценить время надежной эксплуатации [24].

Несмотря на наличие антиоксидантов, скорость окисления ПЭ резко возрастает при воздействии солнечного света, особенно ультрафиолетовой части спектра. Поэтому для повышения светостойкости полимера, применяемого для изготовления наружной оболочки, вводится технический углерод в виде сажи (2,0-2,5%), стабилизирующий эффект которого основан на поглощении энергии солнечного света.

1.2 Методы определения содержания стабилизаторов

От содержания стабилизатора зависит срок эксплуатации полимера в изделии. Изменение содержания стабилизаторов в меньшую сторону приводит к уменьшению индукционного периода окисления ПЭ. Существует несколько методов определения периода индукции, основанных на измерении различных параметров – один из которых, основан на измерении давления в замкнутой системе, содержащей ПЭ. Период индукции определяется за счет поглощения кислорода и выделения летучих веществ в процессе окисления, данный метод называется манометрическим. Данный метод реализуют на статических, без перемещения газовой среды, и на циркуляционных установках [25], где продукты окисления уносятся газовым потоком и вымораживаются в ловушках.

Следующий метод основан на изменении массы исследуемого образца при постоянном нагреве, называемым методом термогравиметрии. Данный метод так же позволяет определить период индукции [26], при этом определяют потерю массы, как в условиях изотермической выдержки, так и при постоянной скорости нагрева. В исследовательских целях период

индукции определяют, непосредственно, накапливая и периодически анализируя образующиеся выделяющиеся летучие продукты газохроматографическим методом [27]. Окисление ПЭ сопровождается изменением молекулярной массы. Определение молекулярно-массового распределения находится методом турбидиметрического титрования [28, 29], или по индексу расплава, определяемому с помощью капиллярного вискозиметра [30].

Для оценки индукционного периода окисления ПЭ может быть применена дифференциальная сканирующая калориметрия.

При нагреве ПЭ после исчерпания индукционного периода возникает процесс автокаталитического окисления, сопровождающийся тепловыделением. При этом меняется энтальпия (тепловая функция Гиббса), характеризующая термодинамическое состояние исследуемой с помощью микрокалориметра пробы ПЭ [31].

В процессе нагрева полиэтилена в области температуры плавления кристаллитов происходит поглощение тепла, и на кривой зависимости величины энтальпии от температуры появляется эндотермический пик – для ПЭВД в диапазоне температур 106-112 °С. При дальнейшем подъеме температуры свыше 200 °С происходит выделение тепла в результате термоокисления и на кривой появляется экзотермический пик, для ПЭ низкой плотности это происходит в диапазоне температур 220-270 °С. в зависимости от концентрации стабилизатора Начало экзопика термоокисления выбирают в точке ($T_{но}$) пересечения касательных к основанию (базовая линия) и низкотемпературному плечу пика.

Выше некоторой температуры T_b , назовем ее «базовой», реакция окисления начинает протекать с достаточной для регистрации в процессе калориметрического анализа скоростью. Для определения зависимости периода индукции окисления от содержания антиоксидантов в полимере воспользуемся уравнением – (1.1), которая была рассмотрена в [1]:

$$T_{HO} - T_{\delta} \approx \frac{1}{a} \ln \left(\frac{W_a^0 \cdot a}{k_{\delta}} \cdot v_T \right) \quad (1.1)$$

$$a = \frac{U_a}{R \cdot T_{\delta}^2} \quad (1.2)$$

$$k_{\delta} = k_{02} \exp \left(\frac{-U_A}{R \cdot T_{\delta}} \right) \quad (1.3)$$

где T_{HO} – температура начала окисления ПЭ, К;

T_{δ} – «базовая» температура, К;

W_a^0 – начальное массовое содержание антиоксиданта;

v_T – скорость увеличения температуры, К/с;

U_a – энергия активации процесса расходования антиоксиданта, Дж/моль;

R – универсальная газовая постоянная;

T_{δ} – постоянный множитель.

Из данного уравнения следует, что величина температуры начала окисления является функцией логарифма содержания антиоксиданта в ПЭ. Следовательно, величину температуры начала окисления, которая характеризует индукционный период окисления, можно рассматривать как структурно-чувствительный показатель для ПЭ, и использовать в качестве диагностического параметра [32].

Согласно уравнению (1.1) и учитывая, что модель процесса старения ПЭ описывается реакциями первого порядка [1], изменение температуры начала окисления в процессе изотермического старения в различных тепловых режимах старения описывается линейным уравнением вида:

$$T_{HO} = k \cdot \tau + T_{HO}^{исх} \quad (1.4)$$

где k – константа скорости изменения диагностирующего параметра;

τ – время изотермического старения, с;

$T_{HO}^{исх}$ – значение диагностирующего параметра в исходном состоянии.

Из уравнения (1.4) можно определить константы скорости изменения величины температуры начала окисления в любом режиме старения.

Исходя из теоретических предпосылок о том, что время надежной эксплуатации кабеля из ПЭ определяется временем израсходования стабилизатора до критической концентрации, величина температуры начала окисления полиэтилена, измеренная после израсходования стабилизатора, должна быть близка к предельному значению или заведомо ниже [33,34]. Расход антиоксиданта приводит к отсутствию защиты полимерной матрицы от термоокислительного старения, что ведет к постепенному разрушению полимера на молекулярном уровне, и на глубоких стадиях – к видимому растрескиванию. При прогнозировании долговечности ПЭ по диагностирующему параметру T_{HO} необходимо определить минимальное допустимое значение $T_{HO}^{доп}$, соответствующее критической (неработающей) концентрации антиоксиданта. При этом за предельно допустимое принимают минимальное значение T_{HO} , не изменяющееся при дальнейшем снижении концентрации антиоксиданта.

Из вышеизложенного следует вывод, что с помощью данного метода можно определить качество поставляемого материала, зависящее от концентрации стабилизаторов, для изготовления изоляции и оболочки кабельного изделия из ПЭ. Действительно чем меньше значение T_{HO} , тем меньше содержание антиоксидантов в нем, следовательно, меньший срок эксплуатации выдержит данное кабельное изделие.

В случае если при диагностировании кабеля (провода) в процессе эксплуатации [35] полученное значение T_{HO}^q превышает предельно допустимое значение, остаточный срок службы рассчитывается по формуле:

$$\tau_{ост} = \frac{T_{HO}^q - T_{HO}^{доп}}{T_{HO}^{исх} - T_{HO}^q} \tau_q \quad (1.5)$$

где $\tau_{ост}$ – остаточный срок службы, часов;

τ_q – срок службы кабеля до момента диагностирования, часов;

$T_{НО}^{исх}$, $T_{НО}^{доп}$, $T_{НО}^q$ – исходное, текущее, (на момент диагностирования)

и допустимое значения диагностирующего параметра $T_{НО}$.

На основе вышеизложенного можно сказать, что метод, который предлагает использовать для определения индукционного периода окисления ПЭ дифференциальный сканирующий микрокалориметр по многим показателям превосходит другие методы. Таковыми показателями являются: оперативность – малое время исследования и не трудоемкость данного процесса; чувствительность – прибор, применяемый в данном методе, распознает малейшие тепловые отклонения исследуемого образца, что позволяет с погрешностью, не превышающей 10%, и достоверностью результатов 95% определять необходимые значения. Главное же преимущество данного метода является исследования малого количества материала, необходимого для измерений, что в реальности позволяет исследовать кабели и провода на остаточный срок службы, не демонтируя их из сети.

1.3 Влияние ионизирующей радиации на полиэтилен

Ионизирующее излучение (ИИ) – потоки фотонов, элементарных частиц или осколков деления атомов, способные ионизировать вещество.

К ионизирующему излучению не относится видимый свет и ультрафиолетовое излучение, хотя они в отдельных случаях могут ионизировать вещество.

Можно выделить следующие излучения:

- Коротковолновое электромагнитное излучение (поток фотонов высоких энергий):
- Гамма – излучение

- Рентгеновское излучение

Также можно разделить по потокам частиц:

- бета-частиц (электронов и позитронов)
- нейтронов
- протонов
- ионов (осколков деления, альфа-частиц)

Также источники ИИ можно разделить на группы:

- Природные источники ИИ:
- Космические лучи
- Термоядерные реакции (например, на солнце)
- Спонтанный радиоактивный распад радионуклидов

Искусственные источники:

- Ядерные реакторы
- Ускорители элементарных частиц (генерируют потоки заряженных частиц, а также тормозное фотонное излучение)
- Искусственные радионуклиды
- Рентгеновский аппарат, как разновидность ускорителя, которые генерирует тормозное рентгеновское излучение.

Наиболее распространены по видам ИИ радиоактивные излучения, которые образуются в результате радиоактивного распада атомных ядер. Радиоактивные элементы – обладают способностью радиоактивного распада.

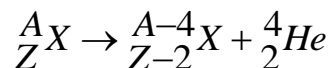
Радиоактивные элементы:

- Естественные (уран, торий, радий и др., всего около 50)
- Искусственные (насчитывается около 700 элементов)

Принято разделять три вида излучения при радиоактивном распаде: альфа, бета и гамма – излучения.

Альфа-частица – это дважды ионизированное ядро гелия, которое представляет собой очень стабильную и плотно связанную ядерную структуру. При распаде ядра с испусканием альфа-частицы, появляющееся в

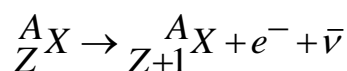
результате ядро называется дочерним, оно имеет заряд на две единицы меньше и атомную массу на четыре единицы меньше исходного материнского ядра. В общем виде эта реакция может быть представлена следующим образом:



Из 160 известных альфа-излучателей большинство являются тяжелыми ядрами с атомными номерами более 82. Энергия испускаемой альфа-частицы может лежать в диапазоне от 4 до 10 МэВ и период полураспада – от 10^{-6} с до 1010 лет. Альфа-частицы высокой энергии испускаются при распаде короткоживущих ядер. Поскольку альфа-частицы имеют большую массу, то при контакте с веществом, альфа-частицы, сталкиваясь с молекулами этого вещества, начинают с ними взаимодействовать, теряя свою энергию, поэтому проникающая способность данных частиц невелика, и их способен задержать даже простой лист бумаги.

Бета-излучение – поток электронов, имеющих энергию от 15 кэВ до десятка МэВ, образующихся в процессе распада ядер радиоактивных элементов. В процессе бета-распада атомный номер Z увеличивается или уменьшается на одну единицу, а массовое число атома A остается постоянным. В результате распада изменяется состояние нейтронов и протонов. Существует три типа бета-распада: β^- , β^+ и электронный захват.

В процессе бета-распада ядра элементов меняют состояния по следующей схеме:



Бета-излучение обладает проникающей способностью выше, чем у альфа-излучения, поэтому для защиты от него требуются плотные экраны. Во фторопласте – 4 длина пробега бета-электронов составляет около 2 мм, а в полиэтилене вдвое больше.

Гамма-излучение представляет собой высокоэнергетическое электромагнитное излучение, испускаемое при переходе ядра атома из

возбужденного состояния в стабильное или менее возбужденное. Гамма-излучение обладает очень высокой проникающей способностью, и для защиты нужно использовать материалы, хорошо задерживающие это излучение (вода, свинец, бетон). 10-кратный коэффициент ослабления гамма-излучения в свинце при энергии гамма-квантов 1,2 МэВ, достигается слоем 4 см.

Виды ИИ отличаются друг от друга величиной массы, энергии и зарядом. Также в каждом виде ионизирующего излучения есть отличия в плане величины ионизирующей и проникающей способности. Интенсивность видов радиоактивного облучения, обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника излучения, это значит, что при увеличении расстояния втрое интенсивность облучения уменьшается в 9 раз.

Полиэтилен обладает свойствами, ограничивающими его применение, такие как ползучесть при нагрузке, невысокие прочность и твердость, склонность к растрескиванию в атмосферных условиях и при контакте с некоторыми средами под нагрузкой, большая усадка и внутренние напряжения, вызывающие коробление изделий, невысокая теплостойкость и большой термический коэффициент расширения. В связи с этим было разработано ряд методов химического и физического модифицирования полиэтилена с целью улучшения перечисленных свойств [36]. В данной работе изучается радиационное модифицирование.

Ценность данного метода заключается в сравнительной простоте и гибкости осуществления процесса, причем этот метод может успешно сочетаться с другими способами. Умелый выбор и регулирование условий облучения позволяет получать разнообразные материалы, не имеющие недостатков исходного полимера и сохраняющие многие из его ценных качеств [37, 38].

В основе радиационной модификации, как полиэтилена, так и других полимеров лежат сложные и разнообразные радиационно-химические процессы. Исследования этих процессов создает возможность для развития и

непрерывного совершенствования радиационной технологии полимерных материалов. Далее кратко рассмотрим основные радиационно-химические процессы.

При облучении происходит разрыв химических связей, как в главных, так и в боковых цепях макромолекул. В результате разрыва связей образуются свободные радикалы, рекомбинация которых может приводить либо к образованию устойчивых макромолекул меньшей длины, чем исходные, либо к образованию разветвлений и поперечных связей между линейными макромолекулами.

Следствием воздействия излучения высокой энергии на полимеры является изменение их свойств, которые представлены ниже [39, 40]:

- образование пространственной сетки в результате возникновения поперечных химических связей между макромолекулами (сшивание);
- деструкция макромолекул с образованием летучих продуктов и молекул меньшей длины вплоть до превращения полимеров в вязкие жидкости;
- изменение характера и концентрации двойных связей;
- окисление при наличии доступа кислорода.

В большинстве полимеров наблюдается одновременное протекание, как поперечного сшивания, так и деструкции. Соотношение между скоростями этих процессов, обусловлено природой полимера и условиями облучения, и определяет специфику изменения различных свойств полимеров под действием радиации [38].

Молекулярный вес полимера – одна из наиболее важных его характеристик. Ионизирующая радиация может влиять на молекулярный вес в двух основных направлениях:

- увеличивать, за счет сшивания молекул;
- уменьшать, вследствие деструкции главных цепей.

При очень низких поглощенных дозах, соответствующих образованию менее одного сшитого звена на исходную молекулу, основной

эффект сшивания сводится к возрастанию степени разветвленности и среднего молекулярного веса. Полимер в этом случае остается еще полностью растворимым, плавится и течет почти при той же температуре, что и необлученный, но вязкость расплава становится выше.

Благодаря тому, что доля нерастворимой части с увеличением поглощенной дозы излучения непрерывно возрастает от нуля до определенного максимального значения, ограниченного разрывом макромолекул – в ПЭ всегда присутствует небольшое количество растворимой фракции. Это предельное значение характеризует находящееся в равновесии соотношение между радиационно-химическими выходами процессов сшивания и деструкции, протекающих в ПЭ.

При облучении в присутствии кислорода радиационно-химические процессы в полиэтилене усложняются.

Атмосферный кислород участвует в развитии специфических реакций радиационного окисления полиэтилена. Взаимодействие кислорода с молекулами полимера может привести к образованию молекул с гидроксильными, карбонильными, карбоксильными и другими кислородосодержащими группами. Такую же работу совершает кислород, растворенный в полимере, который, однако, быстро расходуется на начальных стадиях облучения.

Ознакомление с характером изменений различных свойств полиэтилена в условиях облучения позволяет не только оценить достоинства облученного ПЭ, но и правильно выбрать режим радиационно-технологического процесса при получении новых материалов для конкретных областей применения.

1.4 Изменение свойств полиэтилена при облучении

В данной работе рассмотрим четыре основных свойства, которые определяют качество ПЭ кабельных марок – это физико-механические

(прочностные характеристики), электрические, диэлектрические и расход стабилизаторов.

Физико-механические свойства облученного полиэтилена [37-41] определяют возможность его использования во многих областях техники.

Изменение различных свойств полиэтилена, облученного до дозы 40 Мрад, рассмотрены весьма полно в работе [42]. Полученные данные об изменениях физико-механических свойств полимера при облучении, которые выражаются в уменьшении эластичности и ударной вязкости при одновременном возрастании прочности, жесткости и упругости. Эффект воздействия радиации на прочностные характеристики полимера зависит от молекулярного веса облучаемого полиэтилена, и тем сильнее, чем выше его молекулярный вес.

При действии γ -излучения на ПЭВД в вакууме прочность материала повышается. Однако при этом относительное удлинение при разрыве уменьшается и после облучения до доз 100-200 Мрад, составляет примерно 200% (исходное значение 500-750%). При повышенной температуре характеристики облученного полимера изменяются аналогично, т. е. разрушающее напряжение при растяжении возрастает, а относительное удлинение при разрыве снижается до 100%. Увеличение дозы выше 200 Мрад приводит к уменьшению значений этих показателей.

Прочностные характеристики облученных на воздухе при мощности дозы 10^2 - 10^3 рад/с образцов полиэтилена низкой плотности толщиной 0.95 мм занимают промежуточное положение между значениями для образцов материала толщиной до 0.4 мм, облученных на воздухе и в вакууме соответственно. Изменение свойств облученного ПЭ в зависимости от толщины материала и характеристик среды, в которой производится облучение, свидетельствует о большой роли кислорода в процессах радиолиза и лимитирующем влиянии диффузии кислорода на радиационное окисление полимера.

Облучение ПЭВД дозами до 150-200 Мрад при температуре 20 °С повышает разрушающее напряжение при растяжении. Дальнейшее увеличение дозы (выше 200 Мрад) приводит к понижению прочности ПЭ. Относительное удлинение при разрыве при малых поглощенных дозах несколько возрастает, а затем по мере роста поглощенной дозы уменьшается.

Модуль упругости является показателем, весьма чувствительным к процессу радиационного сшивания. Поэтому радиационная стойкость полимеров может характеризоваться изменением их упругих свойств. Модуль упругости уменьшается по мере снижения степени кристалличности и увеличивается с образованием поперечных связей [37, 38]. Зависимость модуля упругости полиэтилена от поглощенной дозы при комнатной температуре имеет минимум, что объясняется одновременным протеканием двух противоположно направленных процессов: разрушением кристаллических областей со снижением степени кристалличности и увеличением числа поперечных связей. При малых дозах облучения влияние первого процесса проявляется в большей степени. Но при дозах 370-400 Мрад, соответствующих почти полному исчезновению кристаллических областей, наблюдается перелом в ходе зависимости с последующим быстрым возрастанием модуля упругости по мере возрастания дозы облучения.

В зависимости от типа ПЭ и условий облучения ударная вязкость либо не изменяется до определенной поглощенной дозы, либо возрастает. Дальнейшее облучение приводит к снижению сопротивляемости ударным нагрузкам. Для ПЭВД при облучении на воздухе снижение ударной вязкости наблюдается, начиная с доз 80-100 Мрад.

Важнейшими характеристиками ПЭ, определяющими возможность его применения во многих областях, являются коэффициент трения и износ.

При исследовании износостойкости ПЭВД, подвергнутого воздействию радиации методом абразивного истирания по шкурке при нагрузке на образец 2 кгс и длине прохода образца 20 м показано значительное увеличение износа при дозах более 100 Мрад.

Одним из недостатков обычного ПЭ, ограничивающим области его применения в нагруженных конструкциях, является способность данного полимера пластически деформироваться при длительном приложении постоянной нагрузки даже при комнатной температуре, т. е. к ползучести. Образование поперечных связей при облучении ПЭ существенно повышают его стойкость к ползучести. Такой полиэтилен обладает большим упругим восстановлением, чем необлученный. Облучение даже до сравнительно небольших доз (~ 10 Мрад) является достаточно эффективным средством для резкого снижения ползучести ПЭ под нагрузкой, а также позволяет устранить хладотекучесть материала [43].

Изучение термической стабильности образцов ПЭВД и ПЭНД, облученных на воздухе до 100 Мрад, осуществлялось тремя способами: путем определения точки размягчения как температуры, при которой игла с определенным грузом погружалась в образец на 1 мм, дифференциальным термическим и гравиметрическим анализом [44].

Результаты показали большую скорость повышения температуры размягчения ПЭВД с возрастанием поглощенной дозы, чем для ПЭНД. Установлена более низкая температура начала окисления облученного ПЭ по сравнению с исходным, поскольку с увеличением поглощенной дозы повышается температура начала протекания второй стадии разложения, которая соответствует точке воспламенения.

Результаты измерений теплостойкости по Вика ПЭВД, облученного до различных поглощенных доз на воздухе и в вакууме приведены в работе [45]. Увеличение теплостойкости и формоустойчивости полиэтилена в результате облучения позволяет использовать облученный полимер при температурах, выше температуры его плавления. С увеличением воздействия ионизирующего излучения формоустойчивость ПЭ существенно повышается.

Большое практическое значение имеют необратимые изменения удельного объемного электрического сопротивления облученного

полиэтилена при различных температурах. Изучение температурной зависимости удельного объемного электрического сопротивления ρ_v ПЭВД, облученного до дозы 50 Мрад, показывает [50], что зависимость $lg\rho_v=f(t)$ удовлетворительно аппроксимируется прямой линией в интервале температур от 100 до 400 °С. При 300 °С значение ρ_v облученного полиэтилена составляет примерно $5 \cdot 10^{10}$ Ом · см [51].

Электрическая прочность полиэтилена сравнительно устойчива к воздействию радиации. Вследствие этого облученный полиэтилен имеет ту же электрическую прочность, что и необлученный, и она не изменяется даже при весьма высоких поглощенных дозах [52, 53].

При изучении влияния больших поглощенных доз излучения на электрическую прочность полиэтилена [54] установлены соотношения, связывающие ее изменения с изменениями прочностных свойств облученного полимера. Как известно [55], высокая скорость (доли микросекунд) развития пробоя при критическом значении приложенного напряжения свидетельствуют об иницировании данного процесса свободными электронами. В связи с этим развитие электрического пробоя зависит от температуры. При низких температурах для появления пробоя необходимы сильные поля, поскольку отсутствует достаточное количество свободных электронов, способных вызвать появление лавины. При температурах, превышающих некоторое критическое значение (для полиэтилена ~20 °С), электрическая прочность вследствие увеличения числа электронов должна понижаться по мере повышения температуры. Однако, если для исходного ПЭ характерным является монотонное снижение электрической прочности с повышением температуры, для облученного полиэтилена при определенной температуре, зависящей от поглощенной дозы, на графике зависимости наблюдается перегиб и более медленный спад электрической прочности по сравнению с необлученным, а затем стабилизация характеристики на определенном уровне, не зависящим от температуры (при превышении доз 400-500 Мрад). Ниже приведена таблица

значений электрической прочности облученного до поглощенной дозы (100 Мрад) термостабилизированного ПЭВД при различных температурах.

Таблица 1.5 – Зависимость электрической прочности от температуры

Температура, °С	25	50	100	150	200
Электрическая прочность, кВ/мм	100	90	70	55	44

При 200-280 °С полиэтилен, облученный до 300 Мрад, сохраняет более 50 % электрической прочности от исходного значения, определенного при рабочей температуре кабеля [38, 55]. Таким образом, облучение является весьма эффективным средством сохранения высокой электрической прочности изоляции из полиэтилена при повышенных температурах [50, 56].

На диэлектрическую проницаемость практически не влияет радиационное облучение, максимальное изменение (возрастание) составляет 1-2 % [52]. По данным работы [57] значение ϵ ПЭВД в интервале доз от 0 до 64 Мрад и частоте 10^4 Гц возрастает от 2.27 до 2.29. При облучении полимера до 100 Мрад увеличение ϵ при частотах 10^3 - 10^8 Гц не превышает 1% [38]. При нагревании облученного полиэтилена до 150 °С и более сохраняются низкие значения диэлектрической проницаемости, что важно для применения облученной изоляции в изделиях высокочастотной техники, используемых при повышенных температурах.

На величину ϵ и ее зависимость от температуры и частоты условия облучения полиэтилена почти не влияют. Так облучение ПЭ до доз от 10^4 до 10^5 рад при мощности дозы от 5 до 20 рад/с, проведенное при температурах от минус 70 °С до плюс 70 °С, а также в условиях высокой (98%) относительной влажности воздуха и повышенной (40 °С) температуры не приводит к существенному изменению диэлектрической проницаемости по сравнению с диэлектрической проницаемостью, измеренной при нормальных условиях [52].

Данные об изменениях тангенса угла диэлектрических потерь полиэтилена в зависимости от условий облучения приведены в работах [52,

58]. Показано [52], что изменений абсолютных значений $tg\delta$, а также механизма потерь и поляризации при дозах до 0.1 Мрад в широком интервале температур от 20 до 100 °С и диапазоне частот от 50 до 10^4 Г не наблюдается. Характер температурно-частотных зависимостей $tg\delta$ для облученного полиэтилена соответствует характеру этих зависимостей для исходного полимера.

Облучение полиэтилена до доз 40-80 Мрад вызывает уже при комнатной температуре более существенные изменения тангенса угла диэлектрических потерь по сравнению с диэлектрической проницаемостью, особенно при низких и средних частотах. Это объясняется образованием и накоплением в облучаемом полиэтилене полярных кислородосодержащих групп. Изучение зависимости $tg\delta$ от поглощенной дозы излучения при частоте 10^4 Гц для ПЭВД (с показателями текучести расплава 1.5-2.4 г/10 мин) позволило установить, что с увеличением дозы $tg\delta$ монотонно возрастает от $2 \cdot 10^{-4}$ (в исходном состоянии) до $4.2 \cdot 10^{-4}$ (при дозе 50 Мрад).

При облучении термостабилизированного ПЭНД максимум возрастания (в 1.5-2.5 раза) $tg\delta$ для всех исследованных марок соответствует дозе 10 Мрад. Последующее облучение образцов снижает достигнутые при этой дозе значения $tg\delta$ до минимума, отвечающего дозе 50 Мрад, а затем происходит его вторичное возрастание. Таким образом, оптимальной поглощенной дозой излучения, соответствующей минимальному изменению значений $tg\delta$ является доза 50 Мрад; наименьшие величины тангенса диэлектрических потерь имеют образцы с показателями текучести расплава до 2.2-2.6 г/10 мин, то есть с наибольшим молекулярным весом.

Нестабилизированный ПЭВД после облучения до дозы 80 Мрад при частоте 10^3 Гц (при 30 °С) имеет $tg\delta$ около $12 \cdot 10^{-4}$, а стабилизированный полимер при тех же условиях имеет $tg\delta$, равный $6.6 \cdot 10^{-4}$. Это свидетельствует об эффективности защиты полиэтилена от окисления при облучении путем введения в состав рецептуры стабилизирующих добавок.

При дозе 40 Мрад, так же как и для необлученного полиэтилена, с повышением температуры $tg\delta$ уменьшается, начиная от 25 °С. Минимальное значение $tg\delta$ для всех исследованных образцов соответствуют максимальной температуре в принятом интервале (110 °С). При облучении полиэтилена низкой плотности до дозы 40 Мрад $tg\delta$ увеличивается примерно вдвое по сравнению с исходными значениями для тех же температур, т. е. от $(2 - 3) \cdot 10^{-4}$ до $(4 - 6) \cdot 10^{-4}$.

Увеличение дозы до 80 Мрад вызывает возрастание диэлектрических потерь в ПЭ в 3 раза по сравнению с исходным [59].

При частоте $3 \cdot 10^9$ Гц $tg\delta$ облученного полиэтилена низкой плотности возрастает с повышением температуры так же, как и не облученного полиэтилена [59]. При этой частоте $tg\delta$ ПЭ слабо зависит от дозы. Для необлученных образцов $tg\delta$ при 100 – 125 °С не превышает $(4 - 5) \cdot 10^4$, а после радиационной обработки увеличивается до $(6 - 6.5) \cdot 10^4$. Диэлектрические свойства облученного в азоте полиэтилена низкой плотности при различных дозах и температурах испытаний приведены в таблице 1.6 [61].

Таблица 1.6 – Диэлектрические характеристики ПЭВД, облученного при различных дозах и температурах

Показатель при частоте 10^6 Гц	Доза, Мрад			
	0	25	50	100
Диэлектрическая проницаемость				
при 20 °С	2.35	2.35	2.34	2.34
при 70 °С	2.27	2.27	2.26	2.29
Тангенс угла диэлектрических потерь $\cdot 10^{-4}$				
при 20 °С	3.5	4.0	5.0	11.0
при 70 °С	2.5	2.2	4.0	5.0

Испытания показали, что в момент воздействия радиацией $tg\delta$ полиэтилена низкой и высокой плотности в поле γ -излучения резко

возрастает [49, 60] и тем больше чем меньше частота. Эффект нарастает с увеличением поглощенной дозы до насыщения при 1.5 Мрад. Максимальное увеличение $tg\delta$ при частоте 50 Гц составляет более одного порядка, а при частоте 400 Гц достигает 600%. Однако $tg\delta$ быстро восстанавливается до первоначальных значений после прекращения облучения [49].

2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование

В этой главе будут рассмотрены характеристики, принцип действия, а также сущность методов исследования, необходимых для контроля качества поставляемого полиэтилена.

2.1 Определение температуры плавления и начала окисления

Как говорилось выше, значение $T_{но}$ полимеров является структурно-чувствительным показателем, с помощью которого возможно оценить ресурс изделия из полиэтилена. Данная температура определяется с помощью дифференциального сканирующего микрокалориметра. Для определения влияния дозы ионизирующей радиации на ресурс кабельного полиэтилена были выбраны партии полиэтилена с наихудшим (минимальным значением $T_{но}$) и наилучшим (максимальным значением $T_{но}$) показателем. Это даст возможность найти корреляцию между содержанием стабилизатора и снижением ресурса кабельного изделия под влиянием радиации.

2.1.1 Отбор поставляемых партий полиэтилена марки 153-10К для исследований с помощью дифференциального сканирующего микрокалориметра

Для испытания были выбраны различные партии ПЭ марки 153-10К. Данный полимер является полиэтиленом высокого давления, произведен с использованием трубчатого реактора. Термостабилизатором служит нонокс СJ с 0.1 % содержанием в материале. Сажа ДТ-100 выступает в роли светостабилизатора с содержанием в материале 2.0 % по массе, которая придает полимеру черный цвет.

Для проведения испытаний на определение температуры начала окисления необходимо пробы массой 2-3 мг поместить в рабочую ячейку калориметрического блока микрокалориметра. Перед тем, как поместить

образец в калориметрическую ячейку, данный материал запечатывают в алюминиевую оболочку. Это необходимо для предотвращения загрязнения камеры продуктами, выделяющимися при нагреве образца. Затем включают нагрев со скоростью 8 °С/мин. Тепловой эффект записывается на самописце. В ходе испытания замеряется температура плавления и температура начала окисления испытуемого образца.

Из каждой партии полиэтилена записывают термограммы 5 проб.

Далее определяется среднеарифметическое значение $T_{пл}$ и $T_{ок}$ каждой партии по формуле:

$$x_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (2.1)$$

где x_{cp} – среднеарифметическое значение;

x_i – испытанное значение образца;

n – количество испытаний.

Для нахождения среднеквадратичного отклонения для средней величины применяем формулу:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{cp} - x_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (2.2)$$

где δ – среднеквадратическое отклонение.

2.1.2 Сущность метода и порядок проведения измерений

Сущность метода дифференциальной сканирующей калориметрии основана на измерениях термодинамических характеристик (энтальпии, теплоёмкости, температур фазовых переходов) 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.

В калориметре технически предусмотрены две ячейки, эталонная и рабочая. При наличии тепловыделения (теплопоглощения) в исследуемом образце температурный баланс камер нарушается, при этом появляется разбаланс измерительного моста. 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.

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 течение 30 минут;
- Производится коррекция наклона базовой линии для исключения большой погрешности показаний прибора;
- В рабочую ячейку 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;
- При достижении $T_{\text{но}}$ регистрируется экзотермический пик окисления;

– После регистрации пика, самописец отключается, а установка переключается в режим охлаждения, при скорости 64 град/мин до 20 °С.

Технические характеристики дифференциального сканирующего микрокалориметра ДСМ–2М (рисунок 2.1):

- Температура окружающего воздуха 24 ± 5 °С;
- Относительная влажность 65 ± 15 %;
- Отклонение базовой линии от начального нулевого положения менее $0,5 \cdot 10^{-2}$ Вт;
- Сходимость результатов при измерении теплоёмкости 0,4%;
- Основная погрешность измерения температуры калориметрических камер ± 1 °С;
- Габаритные размеры прибора 745x230x320 мм;
- Вес прибора 30 кг.

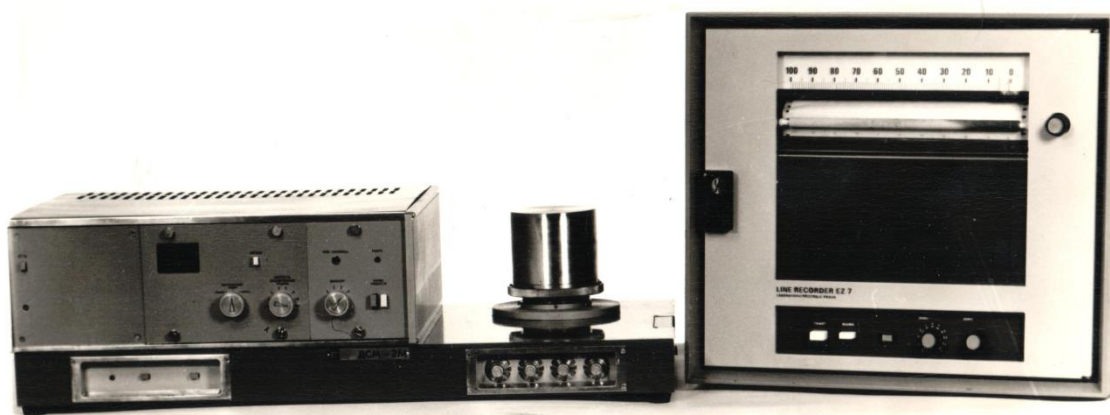


Рисунок 2.1 – Дифференциальный сканирующий микрокалориметр ДСМ-2М

2.1.3 Контроль точности результатов измерений

Для контроля точности температурной шкалы используют пики плавления эталонов – индия, олова, свинца, цинка. 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.

2.2 Испытание на разрыв при растяжении

Физико-механические характеристики позволяют определить возможность использования материала в различных областях. В кабельной технике основная характеристика оболочки кабеля является его способность выдерживать длительное время физико-механические нагрузки, такие как истирание, прочность на разрыв, упругость и т. д.

2.2.1 Изготовление и подготовка образцов для испытаний на растяжение при разрыве

Так как изначально полиэтилен поставляется в виде гранул черного цвета, размерами 2-4 мм, для того чтобы провести испытание на прочность необходимо изготовить стандартизированные формы в виде «лопатки». Для этого необходимо изготовить цельную пластину однородной консистенции, размерами 12x14 см и толщиной 1,5–2 мм, из гранул путем их расплавления и прессования. Определённую навеску гранул равномерно распределяют в центре пресс-формы (никелированная или хромированная сталь) глубиной $1 \pm 0,1$ мм и накрывают сверху крышкой из такого же материала. С целью исключения прилипания пластины к поверхности пресс-формы допускается прессование с прокладками из алюминиевой фольги. Пресс-форму с навеской полимера помещают на плиту пресса с электрообогревом, нагретую примерно до 315 °С и выдерживают 25–30 минут. После этого дают давление 150 кгс/см² и плавление гранул происходит уже под давлением в течение 2 минут. После окончания процесса плавления и прессования давление

сбрасывается, и происходит охлаждение путем теплоотвода циркулирующей водой внутри плиты гидравлического пресса.

После того как образец остыл, его извлекают из пресс-формы и далее с помощью штанцевого ножа изготавливают «лопатки» (рисунок 2.2) стандартизованного типа, используемые для проведения испытаний. В среднем из одной пластины вырубается 5 образцов. Использовался нож для вырубki лопатки типа 1 по ГОСТ 11262–80.

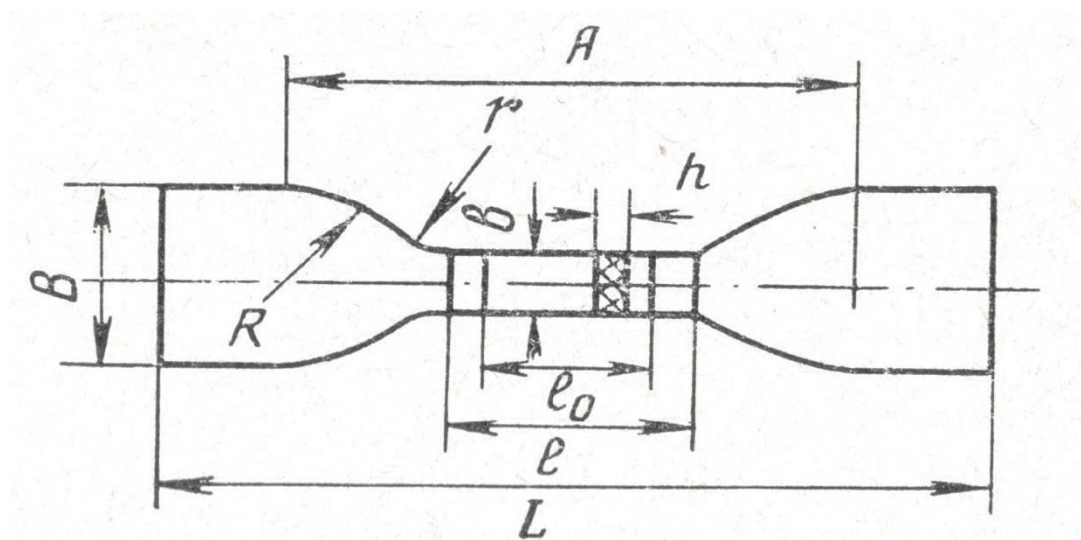


Рисунок 2.2 – Образец для испытаний полимеров на растяжение

Таблица 2.1 – Размеры образца (лопатки)

Параметры	Значение параметра, мм
Общая длина, L, не менее	115
Ширина головки, В	25±1
Длина рабочей части, l	33±1
Ширина рабочей части, b	6±0,4
Радиусы закругления	
г	14±0,5
R	25±1
Расстояние между метками А, определяющими положение кромок захвата на образце	80±5
Толщина рабочей части, h	Менее 3
Расчётная длина, l ₀	25±1

После того как образцы подготовлены, проводятся испытания.

2.2.2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование

Испытания проводят на разрывной машине (рисунок 4), с ценой деления 200 грамм и при температуре (23±2) °С, при постоянном нарастании нагрузки до разрыва образца, со скоростью движения подвижного захвата (100±10) мм/мин.

За результат принимают среднее арифметическое пяти определений.

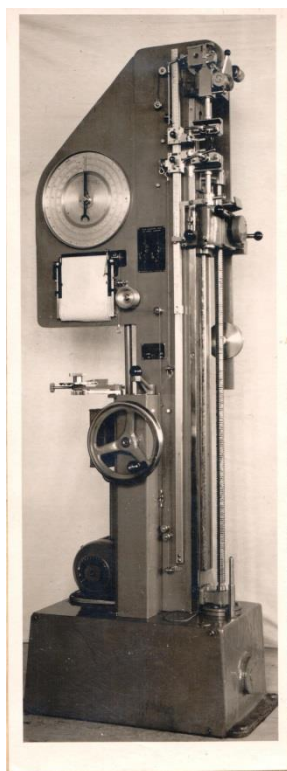


Рисунок 2.3 – Разрывная машина

Характеристики машины разрывной испытательной типа РМИ – 250:

- Рабочий диапазон измерения нагрузки по шкалам 0 – 50 кгс
- Цена деления 100 г
- Погрешность показаний нагрузок в пределах рабочего диапазона измерений $\pm 1\%$
- Скорость движения нижнего зажима в пределах 50 – 170 мм/мин
- Отклонение скорости движения нижнего зажима $\pm 5\%$
- Максимальное расстояние между зажимами – 1000 мм
- Предел измерения по шкале ручного замера удлинения – 1600 %

2.2.3 Методика обработки данных и погрешности

Испытание проводят на машине, которая при растяжении образца должна обеспечивать измерение нагрузки с погрешностью не более 1% от измеряемой величины и постоянную скорость движения одного из зажимов в пределах, требуемых настоящим стандартом.

Зажимы машины должны обеспечивать надежное крепление образцов и совпадение продольной оси образца с направлением растяжения и не должны вызывать разрушений образцов в месте крепления.

Прибор для измерения удлинения в процессе испытания должен иметь погрешность измерения не более 1%, если в нормативно-технической документации на материал нет иных указаний.

Для измерения удлинения допускается использовать:

- приборы, закрепляемые непосредственно на образце; при этом масса прибора и способ его крепления не должны оказывать существенного влияния на величины определяемых показателей и поведение образца при испытании;

- приборы, не закрепляемые на образце и позволяющие производить измерение изменения расчетной длины образца, ограниченной метками, с помощью оптических или других систем измерения.

При удлинении свыше 25 мм допускается измерение удлинения по меткам с помощью масштабной линейки с ценой деления не более 1 мм.

При измерении толщины образцов прибор должен оказывать давление на образец до 0,03 МПа (0,3 кгс/см²).

Прибор для измерения ширины и толщины образцов должен обеспечивать измерение с погрешностью не более 0,01 мм.

2.2.4 Сущность метода и порядок выполнения измерений

Метод основан на растяжении образца с установленной скоростью деформирования, при котором определяют такие показатели как:

- Удлинение;
- кривую «нагрузка-удлинение»;
- прочность при растяжении;
- прочность при разрыве;
- предел текучести при растяжении;

- относительное удлинение при разрыве;
- относительное удлинение при максимальной нагрузке.

Механические испытания на растяжение определяются в соответствии с ГОСТ 11262-80.

При выполнении испытаний выполняются следующие действия:

- Перед началом испытания на образец наносятся метки, для измерения удлинения
- Заранее подготовленный образец (лопатка), закрепляется в зажимы растягивающего механизма;
- Испытания проводят при температуре (296 ± 2) К (23 ± 2) °С и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$, если в нормативно-технической документации на материал нет других указаний;
- Испытания проводят при скорости раздвижения зажимов испытательной машины, предусмотренной в нормативно-технической документации на материал;
- Далее включается двигатель привода растягивающего механизма, и образец начинает растягиваться с монотонной скоростью;
- На каждую из меток устанавливается «усики», следующие за метками в процессе растяжения, для измерения растяжения образца в момент разрыва.
- После разрыва образца, снимаются значения максимальной нагрузки при разрыве, а также удлинение в момент разрыва.

Зависимость напряжения σ от относительного удлинения ε является одной из важнейших характеристик механических свойств твердых тел.

Графическое изображение этой зависимости называется *диаграммой растяжения* (рисунок 2.4). По оси ординат откладывается механическое напряжение σ , по оси абсцисс — относительное удлинение ε .

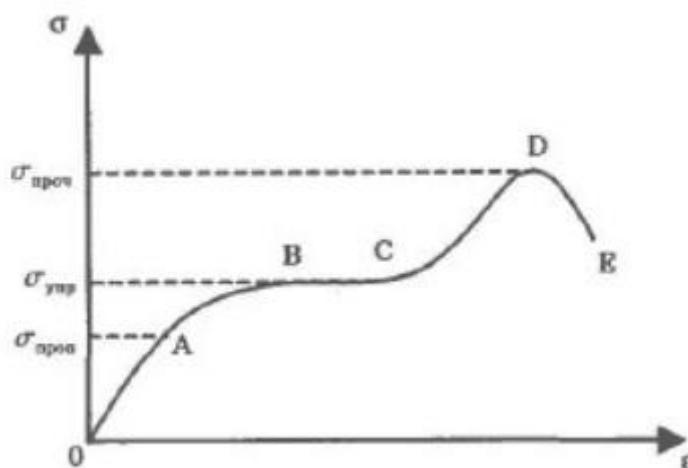


Рисунок 2.4 – Зависимость напряжения от относительного удлинения

Участок 0А - область пропорциональности: на этом участке выполняется закон Гука. Точке А соответствует напряжение $\sigma_{\text{проп.}}$, называемое пределом пропорциональности.

Предел пропорциональности $\sigma_{\text{проп.}}$ – максимальное напряжение, при котором закон Гука еще выполняется.

Предел упругости $\sigma_{\text{упр.}}$ – напряжение, при котором тело полностью утрачивает упругость (участок АВ).

На участке ВС наблюдается явление "текучести" материала: удлинение тела нарастает при незначительном росте деформирующей силы.

При дальнейшем увеличении удлинения тело вновь обретает способность сопротивляться деформации; напряжение в нем вновь увеличивается, достигая максимума в точке D, которой соответствует начало разрушения.

Предел прочности $\sigma_{\text{проч.}}$ - наибольшее напряжение, возникающее в теле перед началом разрушения. Участку DE соответствует постепенное разрушение тела.

Все детали машин и механизмов изготавливаются со значительным, но разумным запасом прочности.

Значения прочности (σ) в МПа (Н/мм^2) вычисляют по формулам:

- прочность при растяжении ($\sigma_{\text{рм}}$)

$$\sigma_{pm} = \frac{F_{pm}}{A_0} \quad (2.3)$$

– прочность при разрыве (σ_{pp})

$$\sigma_{pp} = \frac{F_{pp}}{A_0} \quad (2.4)$$

где F_{pm} — максимальная нагрузка при испытании на растяжение, Н;

F_{pp} — нагрузка, при которой образец разрушился, Н;

A_0 — начальное поперечное сечение образца, мм².

За результат испытания принимают среднее арифметическое не менее пяти определений, вычисляемое до третьей значащей цифры.

– Удлинение (ε) в процентах вычисляют по формулам:
относительное удлинение при максимальной нагрузке (ε_{pm}):

$$\varepsilon_{pm} = \frac{\Delta l_{om}}{l_0} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

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

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\Delta l_{op}}{l_0} \cdot 100\% , \quad (2.6)$$

где Δl_{om} — изменение расчетной длины образца в момент достижения максимальной нагрузки, мм;

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

l_0 — начальная длина образца, мм.

2.2.5 Контроль точности результатов измерений

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.

2.3 Нахождение тангенса угла диэлектрических потерь и относительной диэлектрической проницаемости

При передачи мощности по кабелю неизбежно возникают потери активные и реактивные. Реактивные потери обусловлены передачей переменного тока и в немалой степени зависят от тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости. Материалы, предназначенные для применения в кабельных изделиях, должны отличаться малыми значениями угла потерь и диэлектрической проницаемости, так как в противном случае мощность, рассеиваемая в диэлектрике, может достигнуть недопустимо больших значений, что в свою очередь приведет к тепловому разрушению самого материала.

2.3.1 Изготовление и подготовка образцов для определения тангенса угла диэлектрических потерь

Для проведения измерений образцы вырубаются из заранее подготовленной пластины штанцевым ножом круглой формы, диаметром $(50 \pm 0,5)$ мм (рисунок 2.5)

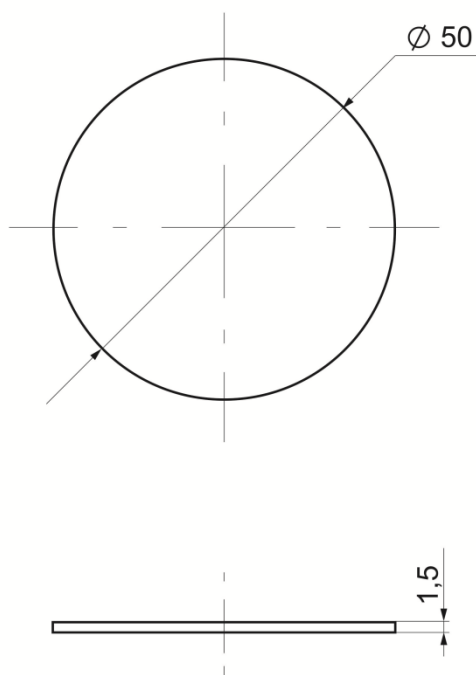


Рисунок 2.5 – Образец для определения диэлектрических характеристик

2.3.2 Измерительная аппаратура и испытательное оборудование

Измерения проводят с помощью ячейки измерительной ИЯ-2Т (далее - ячейка) совместно с прецизионным измерителем LRC Agilent E4980A. Совокупность данных приборов предназначена для измерений относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь твёрдых диэлектриков толщиной от 0,5 до 2 мм в диапазоне частот от 50 Гц до 1 МГц.

Технические характеристики ячейки:

- Диапазон частот – от 50 Гц до 1 МГц
- Размеры измеряемых образцов:
 - диаметр $50 \pm 0,1$ мм
 - толщина от 0,5 до 2 мм
- Диапазон измеряемых значений относительной диэлектрической проницаемости ϵ от 2 до 10.

- Диапазон измеряемых значений тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ от 10^{-4} до 10^{-2}
- Относительная погрешность измерения составляет $\pm 1\%$ по ϵ и $\pm 25\%$ по $\operatorname{tg}\delta$
- Условия эксплуатации измерительной ячейки лабораторные
- Габаритные размеры ячейки 110x120x180 мм
- Масса ячейки не более 0,5 кг

Описание и характеристики измерителя 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 частотах.

Диэлектрическими потерями – называют электрическую мощность, затрачиваемую на нагрев диэлектрика, находящегося в электрическом поле.

Углом диэлектрических потерь δ называют угол, дополняющий до 90° угол сдвига фаз φ между током и напряжением в емкостной цепи.

В случае идеального диэлектрика вектор тока в такой цепи опережает вектор напряжения на угол 90° , при этом угол δ равен нулю. Чем больше рассеивается в диэлектрике мощность, тем меньше угол сдвига фаз φ и тем больше угол диэлектрических потерь и значение $\operatorname{tg}\delta$.

Материалы, предназначенные для применения в указанных условиях, должны отличаться малыми значениями угла потерь и диэлектрической проницаемости, так как в противном случае мощность, рассеиваемая в диэлектрике, может достигнуть недопустимо больших значений.

Большие диэлектрические потери в электроизоляционном материале вызывают сильный нагрев изготовленного из него изделия и могут привести к его тепловому разрушению.

Диэлектрическая проницаемость среды ε – безразмерная физическая величина, характеризующая свойства изолирующей (диэлектрической) среды.

Если в электрическое поле поместить непроводник (диэлектрик), то часть электрического смещения будет обусловлена поляризацией диэлектрика. Напряженность электрического поля уменьшится от величины E_0 до E (электрическое смещение D остается неизменным).

$$\varepsilon = \frac{\vec{E}_0}{\vec{E}} \quad (2.7)$$

Испытания проводят при частоте 10^6 Гц, на трёх образцах при помощи приборов, позволяющих измерять $\text{tg}\delta$ с погрешностью $\pm 0,05$. За результат измерения принимают среднее арифметическое трех измерений.

Диэлектрические характеристики полимеров (диэлектрическая проницаемость ε , тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$) имеют большое значение. В частности, от них зависит способность материалов к быстрому нагреву в переменном электрическом поле высокой частоты. Эти характеристики определяются строением полимера и зависят от частоты и напряженности переменного электрического поля и температуры материала.

Тангенс угла диэлектрических потерь различных полимеров изменяется от 10^{-1} (фенопласты) до 10^{-4} (фторопласт-4, полиэтилен). Диэлектрическая проницаемость зависит от полярности полимера. Этот показатель изменяется от 1,9 у неполярных полимеров (фторопласт-4), до 8,0 у полярных (полиуретан).

Изменяя состав полимерной композиции, удается создавать материалы с заданными диэлектрическими свойствами.

2.3.3 Методика обработки данных и погрешности

Предел допускаемой относительной погрешности измерений по данной рекомендации составляет $\pm 1\%$ для ϵ и $\pm 25\%$ для $\text{tg } \delta$.

При выполнении измерений температура окружающего воздуха, относительная влажность, барометрическое давление, вибрации в помещении должны соответствовать нормам, установленным в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений.

– Изменение температуры окружающего воздуха за время измерений одного образца не должно превышать $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.

– Для измерений применяют образец твёрдого диэлектрика в форме диска.

– Требования к форме образца и шероховатости его поверхностей следующие:

– диаметр образца, $50 \pm 0,1$ мм;

– толщина образца, от 0,5 до 2 мм;

– отклонения от параллельности и плоскостности торцевых поверхностей образца по ГОСТ 24643, не более 0,02 мм;

– отклонение от перпендикулярности оси боковой поверхности образца к торцевым поверхностям по ГОСТ 24643, не более 0,02 мм;

– шероховатость торцевых поверхностей образца по ГОСТ 2789, параметр R_a , не более 0,2 мкм.

– Нормализация и кондиционирование образцов для измерений – по ГОСТ 6433.1.

– Перед измерениями поверхности образца протирают мягкой белой бязью, смоченной этиловым спиртом-ректификатом, и высушивают естественным путем.

2.3.4 Сущность метода. Выполнение измерений диэлектрической проницаемости

Определение относительной диэлектрической проницаемости ε основано на измерении ёмкости измерительной ячейки, при помещении в неё образца диэлектрика с фиксированным воздушным зазором над образцом C_1 , и ёмкости ячейки без образца, при восстановленном расстоянии между электродами C_2 .

Достоинством метода является минимизация погрешности измерения ε за счёт исключения влияния воздушного зазора между образцом диэлектрика и электродом ячейки при его непосредственном контакте с образцом.

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:

$$\varepsilon = \frac{C_8}{C_4}, \quad (2.8)$$

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

$$C_4 = 0,006954 \cdot \frac{D_2^2}{t} \quad (2.9)$$

где D_2 – диаметр исследуемого образца, мм;

t – толщина образца, мм;

C_8 – ёмкость образца, пФ, определяемая по формуле:

$$C_8 = C_6 \cdot \frac{C_7 + C_3 - C_5}{C_5 + C_6 - C_3 - C_7}, \quad (2.10)$$

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

$$C_3 = 0,006954 \cdot \frac{D_1^2}{h}, \quad (2.11)$$

где D_1 – диаметр ячейки, мм;

h – высота межэлектродного пространства, мм;

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

$$C_5 = 0,006954 \cdot \frac{D_1^2 - D_2^2}{h}, \quad (2.12)$$

C_6 – ёмкость зазора, пФ, определяемая по формуле:

$$C_6 = 0,006954 \cdot \frac{D_2^2}{h-t}, \quad (2.13)$$

C_7 – изменение ёмкости, пФ, определяемое по формуле:

$$C_7 = C_1 - C_2, \quad (2.14)$$

где C_1 – ёмкость ячейки с образцом, пФ;

C_2 – ёмкость ячейки без образца, пФ.

Результаты измерений могут быть получены на компьютере по программе «Епсилон - 2011», разработанной для данной методики. Программа работает в среде «Windows» и использует пакет «Mathcad».

2.3.5 Контактный метод измерения $\operatorname{tg} \delta$ с сохранением межэлектродной ёмкости ячейки. Сущность метода. Выполнение измерений

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

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 маховика 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 $\operatorname{tg} \delta$ исследуемого образца вычисляют по формуле:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{C_1}{C_1 - C_2} \cdot (\operatorname{tg} \delta_1 - \operatorname{tg} \delta_2) \quad (2.15)$$

где C_1 – ёмкость ячейки с образцом;

C_2 – ёмкость пустой части ячейки, пФ, определяемая по формуле (2.12).

Результаты измерений могут быть получены на компьютере по программе «Эпсилон-2011-Т», разработанной для данной методики. Программа работает в среде «Windows» и использует пакет «Mathcad».

2.3.6 Контроль точности результатов измерений

Основной целью контроля точности результатов измерений является проверка правильности выполнения операций и соблюдения правил измерений, установленных настоящей рекомендацией, а также проверка соответствия результатов измерений требованиям технических условий для полиэтилена кабельных марок.

Контроль точности результатов измерений ведут при периодическом и внеочередном (оперативном) контроле.

Периодический и внеочередной (оперативный) контроль проводят путем измерений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, стандартных образцов, разработанных и утверждённых в соответствии с требованиями ГОСТ 8.315.

Периодический контроль при постоянной работе измерительной установки проводят один раз в год.

Внеочередной (оперативный) контроль проводят при сборке - разборке измерительной установки, замены в ней измерительной аппаратуры и элементов.

Результатами контроля точности являются выводы о правильности:

- применения средств измерений и вспомогательного оборудования;
- соблюдения условий измерений;
- выполнения операций при подготовке измерений;
- обработки результатов измерений и их оформления.

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.

2.4 Облучение исследуемого материала

Известно, что на характеристики полимера влияет не только доза, тип и мощность излучения, но и условия, при которых было проведено облучение. К этим условиям относятся температура, давление, влажность, а также среда (вакуум, азот, воздух), в которой происходило облучение. Облучение пластин было произведено на базе мощного изотопного источника непрерывного гамма-излучения ГУ–200.

Гамма – установка ГУ – 200 (рисунок 2.6) используется для исследования стойкости радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), электрорадио изделий (ЭРИ) и конструкционных материалов к воздействию поглощенной дозы гамма – излучения.

Характеристики ГУ – 200:

- Изотоп излучателя Co^{60}
- Активность источников $5,6 \cdot 10^{15}$ Бк
- Средняя энергия гамма – квантов 1,25 МэВ
- Зона облучения: объём 70 м^3 , площадь 16 м^2 .



Рисунок 2.6 – Гамма установка ГУ – 200

3 Результаты исследований и испытаний

В данной главе приведены полученные результаты, и проведен их анализ.

3.1 Определение температуры плавления и начала окисления полиэтилена с помощью ДСК-2М

При испытании с помощью дифференциального микрокалориметра были замерены значения температуры плавления и начала окисления образцов полиэтилена пяти партий в исходном состоянии (в состоянии поставки), результаты испытаний представлены в таблице 3.1.

Каждую партия испытывается пять раз для наработки статистики и увеличения точности результата. После этого по формуле 2.1 находится среднеарифметическое значение, и по формуле 2.2 среднеквадратическое отклонение.

Таблица 3.1 – Результаты испытаний полиэтиленов кабельных марок 153-10К на температуру плавления и начала окисления

№ опыта	Испытываемые партии									
	4521		4420		4367		4254		4607	
	T _{пл} , °C	T _{ок} , °C	T _{пл} , °C	T _{ок} , °C	T _{пл} , °C	T _{ок} , °C	T _{пл} , °C	T _{ок} , °C	T _{пл} , °C	T _{ок} , °C
1.	108,4	254,4	108,4	249,6	108,6	238,6	108,0	250,2	108,9	224,3
2.	108,0	252,4	107,4	252,2	107,7	238,3	110,8	247,5	107,6	220,0
3.	109,2	258,8	107,6	243,1	110,8	240,1	109,4	258,1	108,4	226,3
4.	109,2	252,0	107,7	244,8	110,1	242,6	108,8	258,6	108,2	225,2
5.	110,0	258,0	109,2	250,9	109,2	238,4	108,6	258,9	108,4	222,2

Среднеарифметическое значение для партии 4521:

$$x_{cp} = \frac{108,4 + 108,0 + 109,2 + 109,2 + 110}{5} = 109,0$$

Среднеквадратическое отклонение для партии 4521:

$$\delta = \sqrt{\frac{(109-108,4)^2 + (109-108)^2 + (109-109,2)^2 + (109-109,2)^2 + (109-110)^2}{5 \cdot (5-1)}} = 0,3$$

В итоге находим интервал, в который с вероятностью 95% входит наше значение. Результаты запишем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов среднего значения и среднеквадратического отклонения испытанных партий полиэтилена на температуру плавления и начала окисления

№ партии	Температура плавления		Температура начала окисления	
	$x_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\delta, ^\circ\text{C}$	$x_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	$\delta, ^\circ\text{C}$
4521	109,0	0,3	255,1	1,4
4420	108,1	0,3	248,1	1,8
4367	109,3	0,5	239,6	0,8
4254	109,1	0,5	254,7	2,4
4607	108,3	0,2	223,6	1,1

Далее из испытанных партий были выбраны два образца с наименьшим и наибольшим значением температуры начала окисления. Выбранные партии, также испытывают на дифференциальном микрокалориметре при различных дозах облучения (от $3 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Гр).

Таблица 3.3 – Результаты испытаний полиэтилена двух партий кабельных марок 153-10К на температуру плавления и начала окисления

Доза облучения, Гр	Температура плавления t , °С		Температура начала окисления t , °С	
	партия 4607	партия 4521	партия 4607	партия 4521
0	108,3	109,0	223,6	255,1
$3 \cdot 10^3$	108,6	108,6	213,7	251,5
$1 \cdot 10^4$	108,1	108,9	207,3	245,4
$3 \cdot 10^4$	109,1	107,1	209,7	231,6
$1 \cdot 10^5$	108,3	107,4	207,5	220,3
$3 \cdot 10^5$	106,6	106,3	208,2	217,5
$5 \cdot 10^5$	106,8	106,3	210,0	213,4

По данным таблицы 3.3 построены два графика зависимости температуры начала плавления и окисления от дозы облучения рисунки 3.1 и 3.2 соответственно.

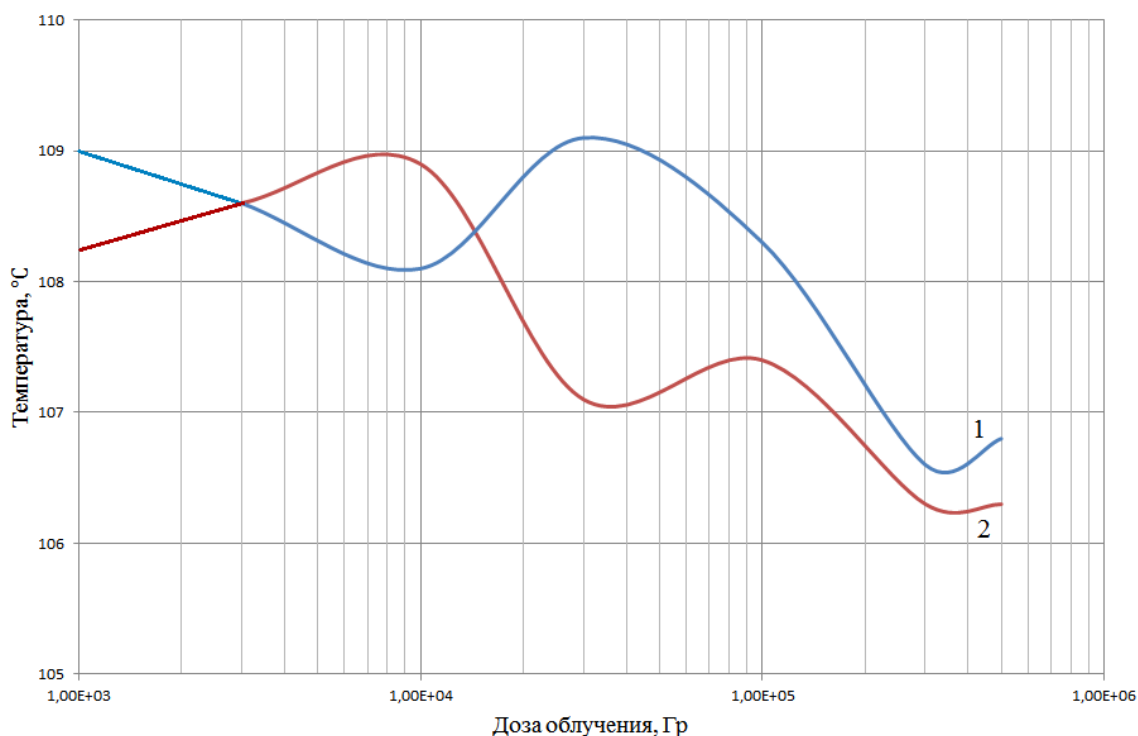


Рисунок 3.1 – Зависимость температуры плавления от дозы облучения:

1 – кривая $T_{пл}$ партии 4521; 2 – кривая $T_{пл}$ партии 4607;

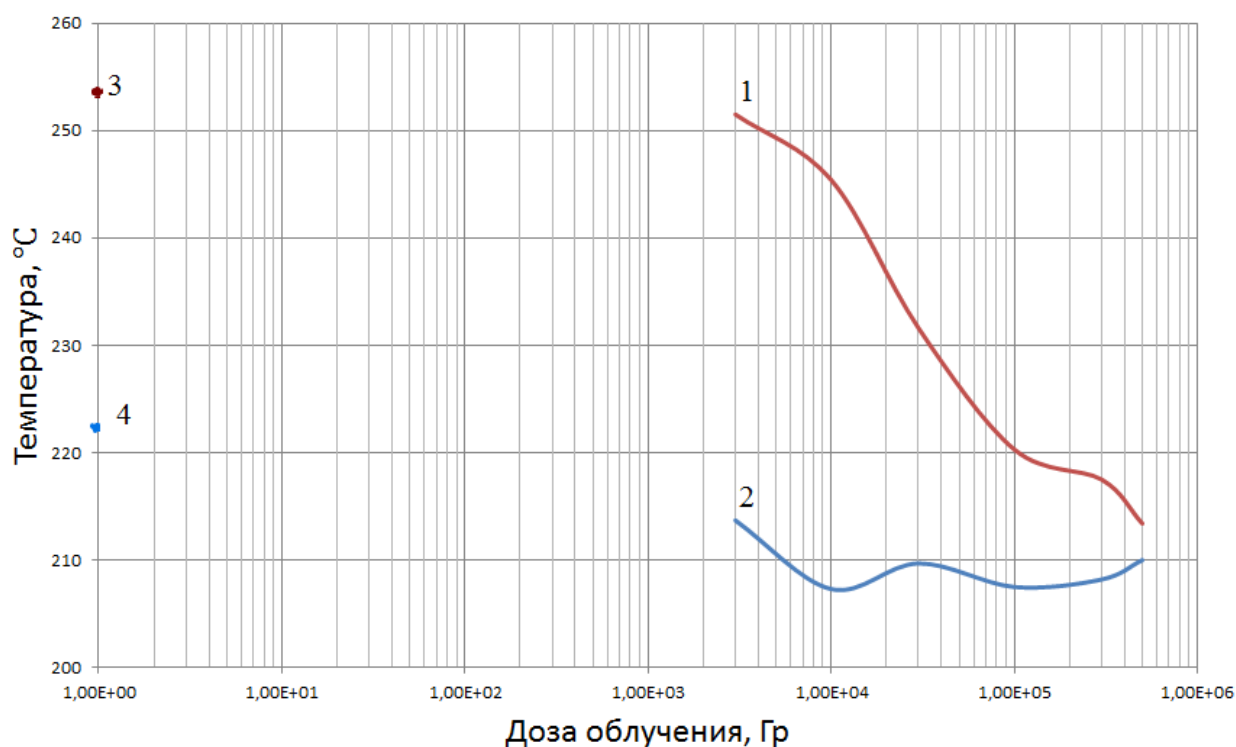


Рисунок 3.2 – Зависимость температуры начала окисления от дозы облучения:

- 1 – кривая $T_{\text{но}}$ партии 4521; 2 – кривая $T_{\text{но}}$ партии 4607;
- 3 – исходное значение $T_{\text{но}}$ партии 4521; 4 – исходное значение $T_{\text{но}}$ партии 4607

3.2 Испытание на растяжение при разрыве

Для испытания были выбраны 5 партий полиэтилена кабельной марки 153-10К, результаты испытаний приведены в приложении Б.

Каждую партия испытывается пять раз для наработки статистики и увеличения точности результата. После этого по формуле 2.3 находится прочность материала при разрыве, и по формуле 2.6 – относительное удлинение при разрыве.

Рассчитаем разрывную прочность и относительное удлинение при разрыве. Также найдем по формуле 2.1 среднеарифметическое значение и по формуле 2.2 среднеквадратическое отклонение, результаты расчётов занесем в таблицу 3.4.

Разрывная прочность полиэтилена партии 4521 по формуле 2.3:

$$\sigma_{pp} = \frac{14,0}{6 \cdot 1,21 \cdot 10^{-2}} = 192,8 \text{ кг/см}^2$$

Переведем полученное значение в международную систему измерения МПа (Паскаль):

$$1 \text{ кг/см}^2 = 0,0981 \text{ МПа}$$

$$192,8 \cdot 0,0981 = 18,9 \text{ МПа}$$

Относительное удлинение при разрыве полиэтилена партии 4521 по формуле 2.6:

$$\varepsilon_{pp} = \frac{162,7}{25} \cdot 100\% = 651\%$$

Таблица 3.4 – Результаты расчетов при испытании на растяжении

№ партии	Прочность при разрыве		Относительное удлинение при растяжении	
	x_{cp} , МПа	δ , МПа	x_{cp} , %	δ , %
4521	18,7	0,2	651	9
4420	18,6	0,2	660	3
4367	16,6	0,3	697	11
4254	16,6	0,2	722	4
4607	17,3	0,3	661	7

Далее замеряется относительное удлинение при разрыве, и разрывная прочность при растяжении двух партий полиэтилена, выбранных ранее, облученных при различных дозах облучения (от $3 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Гр). Для уменьшения погрешности результатов было разорвано по пять «лопаток» с каждого образца, а для определения среднего значения была использована среднеарифметическая формула (6). Результаты данных испытаний записаны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты испытаний полиэтилена двух партий кабельных марок 153-10К на разрывной машине при различных дозах облучения образцов

Доза облучения, Гр	Относительное удлинение при разрыве ϵ_{pp} , %		Разрывная прочность при растяжении σ_{pm} , МПа	
	партия 4607	партия 4521	партия 4607	партия 4521
0	661	652	17,3	18,7
$3 \cdot 10^3$	641	686	14,2	14,1
$1 \cdot 10^4$	701	656	15,0	13,6
$3 \cdot 10^4$	652	640	15,5	14,5
$1 \cdot 10^5$	604	591	18,4	16,5
$3 \cdot 10^5$	434	464	16,2	16,9
$5 \cdot 10^5$	398	400	16,7	15,1

По данным таблицы 3.5 построены два графика зависимости относительного удлинения при разрыве и разрывной прочности при растяжении от дозы облучения рисунки 3.3 и 3.4 соответственно.

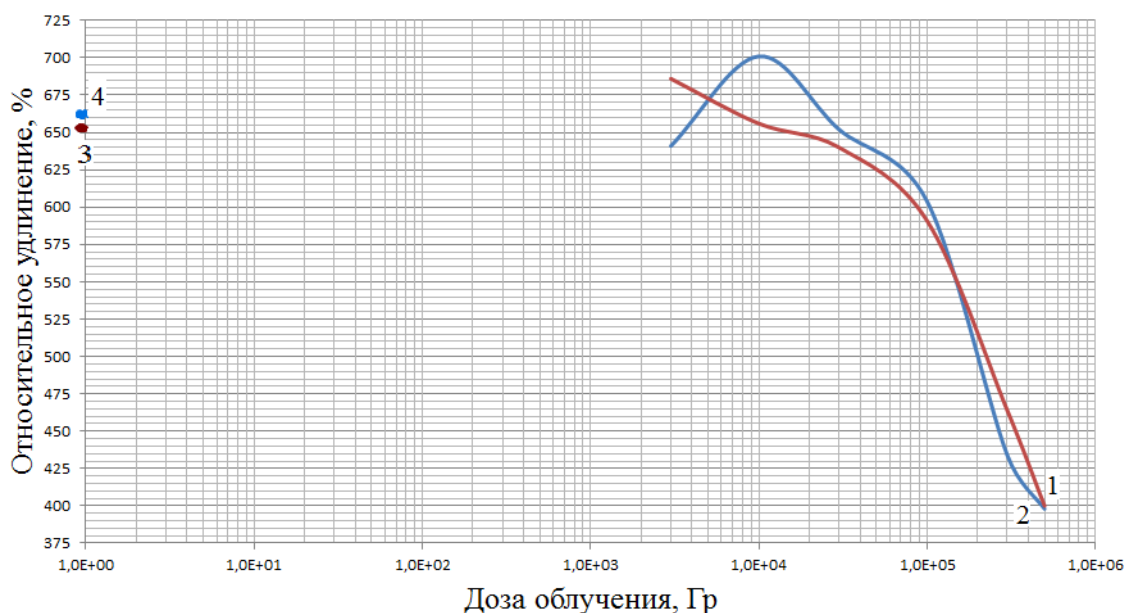


Рисунок 3.2 – График зависимости относительного удлинения (ϵ_{pp}) при разрыве от дозы облучения:

1 – кривая ϵ_{pp} партии 4521; 2 – кривая ϵ_{pp} партии 4607;

3 – исходное значение партии 4521; 4 – исходное значение партии 4607.

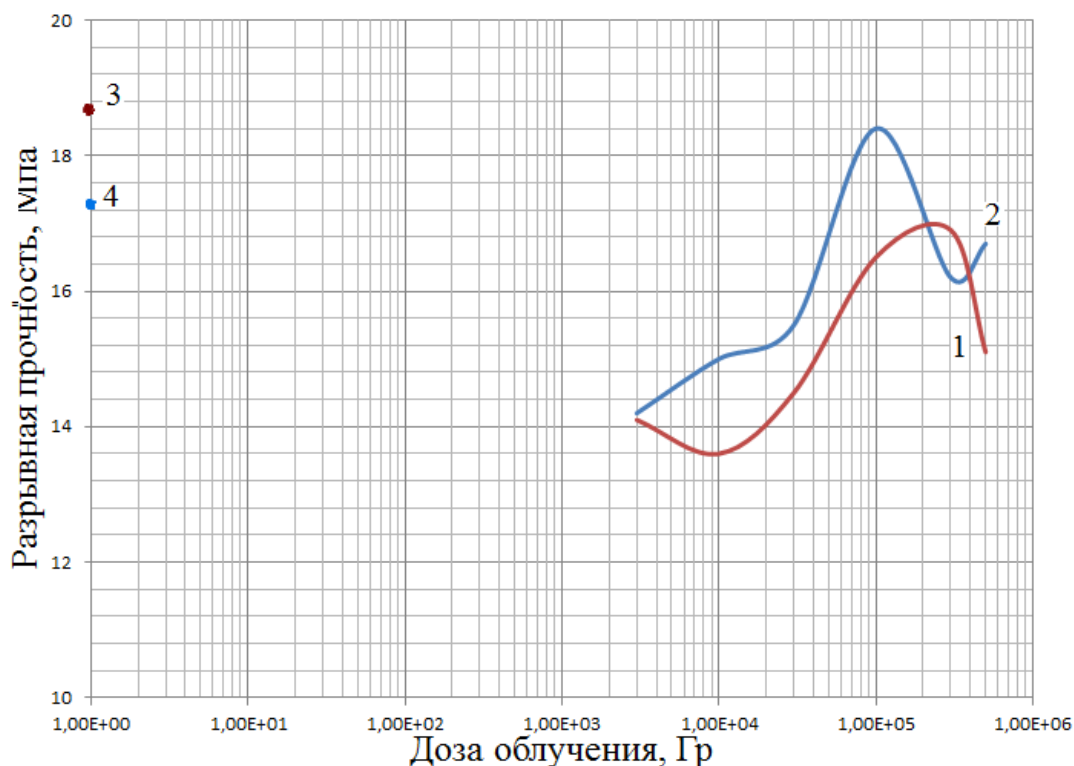


Рисунок 3.3 – График зависимости разрывной прочности ($\sigma_{рм}$) при растяжении от дозы облучения:

1 – кривая $\sigma_{рм}$ партии 4521; 2 – кривая $\sigma_{рм}$ партии 4607;

3 – исходное значение партии 4521; 4 – исходное значение партии 4607.

3.3 Результаты измерения тангенса угла диэлектрических потерь и относительной диэлектрической проницаемости

В данной методике сначала находится тангенс угла диэлектрических потерь, а в дальнейшем с помощью специальной программы производят расчёт диэлектрической проницаемости. При этом для нахождения этих величин измеряется толщина образца, ёмкость с образцом и без него, а также тангенс угла диэлектрических потерь ячейки с образцом и без образца. Разность данных величин является истинным значением тангенса диэлектрических потерь образца.

3.4 Анализ полученных результатов

В результате облучения полиэтилена радиационным излучением произошли необратимые изменения в характеристиках данного полимера. С увеличением дозы облучения свыше $3 \cdot 10^5$ Гр все исследуемые характеристики теряют эксплуатационные качества полимера – прочность, относительное удлинение, защиту от термической деструкции ($T_{но}$).

Температура начала окисления двух исследуемых партий с увеличением дозы облучения непрерывно падает, вплоть до значений температуры окисления «чистого» полиэтилена (рисунок 9). Это связано с тем, что термостабилизаторы (антиоксиданты) предназначенные для защиты полимера от термоокислительной деструкции расходуется на ингибирование процессов радиационного окисления возникающих в результате облучения. При этом в партии полиэтилена с наименьшим показателем температуры начала окисления антиоксидант полностью расходуется при дозе облучения равной 10^4 Гр, в отличие от партии полиэтилена с наилучшим показателем, где критическая (неработающая) концентрация антиоксиданта возникает при дозе облучения равной $5 \cdot 10^5$ Гр.

Относительное удлинение двух партий полиэтилена с увеличением дозы облучения до 10^4 Гр незначительно увеличивается с 650 % до 700 % (рисунок 3.2), дальнейшее увеличение дозы облучения приводит к постоянному ухудшению данной характеристики вплоть до значения 400% при дозе облучения равной $5 \cdot 10^5$ Гр. Увеличение относительного удлинения объясняется пластицирующим воздействием, низкомолекулярной фракции и частичным ростом молекулярной массы полиэтилена.

Снижение относительного удлинения связано с тем, что при воздействии радиационного излучения происходят два разнонаправленных процесса – сшивание и деструкция химических связей. При облучении до дозы 10^5 Гр процесс сшивания доминирует над процессом деструкции химических связей, чем и связан незначительный спад в пределах 30-50% от

исходного значения. При более высоких дозах идет обратный процесс, при котором происходит резкое снижение относительного удлинения.

Изменение разрывной прочности под действием радиационного облучения носит разнонаправленный характер (рисунок 3.3). Изначально происходит спад данной характеристики, но при дозе облучения 10^4 Гр происходит увеличение вплоть до 10^5 Гр. Дальнейшее увеличение дозы облучения приводит к ухудшению разрывной прочности.

Спад разрывной прочности до дозы облучения 10^4 Гр связано с тем, что происходит снижение степени кристалличности полимера.

Увеличение разрывной прочности полиэтилена при дозе облучения выше 10^4 Гр, несмотря на снижение степени кристалличности полимера, объясняется сшиванием его макромолекул, так как разрывная прочность у сшивающихся полимеров больше зависит от плотности сшивания (до определенной дозы облучения), чем от степени кристалличности.

Снижение разрывной прочности полиэтилена после дозы облучения равной 10^5 Гр связано с радиационно – химической деструкцией. Это происходит в результате того, что при данной дозе процесс деструкции преобладает над процессом сшивания макромолекул полимера, что приводит к снижению прочностных свойств полиэтилена.

Для сравнения остаточного ресурса двух партий полиэтилена применяется следующая формула:

$$\tau_{ост} = \frac{T_{НО}^q - T_{НО}^{доп}}{T_{НО}^{исх} - T_{НО}^q} \tau_q$$

где τ_q - срок службы кабеля до момента диагностирования, часов. При использовании выбранных партий полиэтилена вблизи радиационного излучения, облучение до дозы $3 \cdot 10^4$ Гр произойдет за одинаковое количество часов, в связи с этим τ_q принимается константой.

$T_{HO}^{доп}$ - допустимое значения диагностирующего параметра T_{HO} . Под данным значением применяется T_{HO} полиэтилена без содержания стабилизатора.

Остаточный срок службы полиэтилена партии 4521 при дозе облучения $3 \cdot 10^4$ Гр равен:

$$\tau_{ост1} = \frac{251,5 - 201,0}{255,1 - 251,5} \tau_q = 14,03 \tau_q$$

Остаточный срок службы полиэтилена партии 4607 при дозе облучения $3 \cdot 10^4$ Гр равен:

$$\tau_{ост2} = \frac{213,7 - 201,0}{223,6 - 213,7} \tau_q = 1,28 \tau_q$$

При сравнении данных значений получается, что при облучении до дозы $3 \cdot 10^4$ Гр остаточный срок службы полиэтилена с высоким содержанием стабилизатора на порядок выше, чем у полиэтилена с наименьшим содержанием стабилизатора.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Тема диссертации: оценка влияния дозы облучения ионизирующей радиацией на ресурс полиэтилена кабельных марок.

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ4В	Теляшкин Дмитрий Семенович

Институт	ИНК	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Кабельная техника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочим местом является кабинет. Работа производится сидя, основная часть за ПЭВМ.</p> <p>На рабочем месте возможно повышение уровня шума, несоответствующие микроклиматические параметры, недостаточная освещенность рабочего места, поражение электрическим током, повышение статического электричества.</p> <p>Наиболее возможная чрезвычайная ситуация на рабочем месте – пожар.</p> <p>Имеется воздействие на литосферу в виде отходов, возникших, вследствие выхода из строя ПЭВМ и других приборов, а так же замены офисной мебели.</p>
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	СанПиН 2.2.4.548-96; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; ГОСТ 12.0.003 – 74, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03, ГОСТ 12.1.005 – 88, СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96, ГОСТ 12.1.003 – 83. СанПиН 2.2.2.542 – 96.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>К вредным факторам рабочего места можно отнести электромагнитное излучение от ПЭВМ, повышенный уровень шума, несоответствующие параметры микроклимата и освещенности помещения.</p> <p>Данные факторы приводят к снижению работоспособности или заболеванию.</p> <p>Для предотвращения вредного воздействия необходимо соблюдать правила работы: время работы, оптимальное расположение, как оборудования, так и сотрудника. Использовать средства защиты, корректировать параметры освещенности и микроклимата</p>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в	К опасным факторам рабочего места относится

<p>следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>повышение статического электричества, поражение электрическим током, взрыв, пожар.</p> <p>Поражение электрическим током возможно от неисправных приборов, незащищенных проводов, неисправных розеток</p> <p>Статическое электричество на рабочем месте возникает при прикосновении к любому элементу ПЭВМ.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>При данном виде деятельности имеется воздействие на литосферу в виде отходов, возникших при поломке ПЭВМ и других электроприборов, офисной мебели.</p> <p>Для обеспечения экологической безопасности необходимо сдавать негодное оборудование и мебель на переработку.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Наиболее вероятны – пожары вследствие замыкания электрической проводки, возгорания неисправного ПЭВМ, несоблюдения правил пожарной безопасности.</p> <p>Для предупреждения о возникновении пожара установлены речевые системы оповещения.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Трудовой кодекс РФ регулирует отношения между организацией и работниками, касающиеся заработной платы, выходных дней, предоставления отпуска, нормы продолжительности рабочего времени, особенности регулирования труда отдельных категорий граждан и др.</p> <p>Для решения организационных вопросов, необходимо обеспечить оптимальные условия для работы за ПЭВМ. Соблюдать все требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ4В	Теляшкин Д.С.		

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной выпускной квалификационной работе проведены теоретические исследования метода прогнозирования остаточного срока службы полиэтилена низкой плотности. Рабочим местом является кабинет. Работа производится сидя, основная часть за ПЭВМ.

На рабочем месте возможно повышение уровня шума, несоответствующие микроклиматические параметры, недостаточная освещенность рабочего места, поражение электрическим током, повышение статического электричества – согласно ГОСТ 12.0.003 – 74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [62].

Наиболее возможная чрезвычайная ситуация на рабочем месте – пожар.

Имеется воздействие на литосферу в виде отходов, возникших, вследствие выхода из строя ПЭВМ и других приборов.

К вредным факторам рабочего места можно отнести электромагнитное излучение от ПЭВМ, повышенный уровень шума, несоответствующие параметры микроклимата и освещенности помещения.

Данные факторы приводят к снижению работоспособности или заболеванию. Для предотвращения вредного воздействия необходимо соблюдать правила работы: время работы, оптимальное расположение, как оборудования, так и сотрудника. Использовать средства защиты, корректировать параметры освещенности и микроклимата

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Короткое замыкание, тлеющий пожар или возгорание кабеля, которые зачастую незаметно распространяются в скрытых кабельных шахтах, могут привести к опустошительным пожарам с человеческими жертвами. В августе 2000 года, по всей вероятности, расплавившийся в одном из передающих усилителей кабель вызвал большой пожар на Останкинской телебашне. В результате телевизионная башня ремонтировалась и долгие годы оставалась закрытой. Тот факт, что возгорание кабеля может быть причиной пожара, является лишь одной стороной проблемы. Не менее важен вопрос, как долго в случае пожара электрический кабель сможет сохранять работоспособность и обеспечивать полное функционирование систем спасения и эвакуации. Многочисленные пожары, произошедшие в России в последние годы, сделали тему пожарной защиты и вместе с ней применение огнестойких кабелей объектом пристального общественного внимания [63].

Причины загораний проводов и кабелей

1. Перегрев от короткого замыкания между жилами провода и жилами кабеля, их жилами и землей в результате:

- пробоя изоляции повышенным напряжением, в том числе от грозовых перенапряжений;
- пробоя изоляции в месте образования микротрещин как заводского дефекта;
- пробоя изоляции в месте механического повреждения при эксплуатации;
- изоляции от старения; пробоя изоляции в месте локального внешнего или внутреннего перегрева; пробоя изоляции в месте локального повышения влажности или агрессивности среды;

- случайного соединения токопроводящих жил кабелей и проводов между собой или соединения токопроводящих жил на землю;

- умышленного соединения токопроводящих жил кабеля и проводников между собой или соединения их на землю.

2. Перегрев от токовой перегрузки в результате:

- подключения потребителя завышенной мощности;

- появления значительных токов утечки между токоведущими проводами, токоведущими проводами и землей (корпусом), в том числе на распределительных устройствах за счет снижения величины электроизоляции;

- увеличения окружающей температуры на участке или в одном месте, ухудшения теплоотвода, вентиляции.

3. Перегрев мест переходных соединений в результате:

- ослабления контактного давления в месте существующего соединения двух или более токопроводящих жил, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления;

- окисления в месте существующего соединения двух и более проводников, приводящего к значительному увеличению переходного сопротивления [64].

Основные профилактические противопожарные мероприятия при эксплуатации проводов и кабелей:

1. В процессе эксплуатации необходимо следить за равномерной нагрузкой по фазам однофазных электроприемников — освещения, электронагревательных приборов. Следует помнить, что при наличии однофазных электроприемников по рабочему нулевому проводу протекает ток, величина которого может достигать величины фазного тока. Поэтому сечение нулевого провода в осветительных установках с газоразрядными лампами должно быть равным сечению фазных проводов.

2. Основными методами повышения пожарной безопасности кабелей и проводов является их выполнение в соответствии с ПУЭ, правильный выбор защиты от коротких замыканий и перегрузок. Перегрузка проводов и кабелей сверх установленных норм не допускается. Контроль загрузки следует проводить по стационарным амперметрам или с помощью токоизмерительных клещей.

3. Все соединения, оконцевания и ответвления проводов и кабелей, осуществляемые в процессе эксплуатации, выполняются капитально — путем опрессовки, пайки, сварки, зажима под болт и т. п. Наброс проводов крючками и скрутка не допускаются.

4. В пожароопасных зонах производственных и складских помещений с наличием горючих материалов (бумага, хлопок, лен, каучук и др.), а также изделий в сгораемой упаковке светильники и электрооборудование должны иметь закрытое или защищенное исполнение. Вблизи проводов и кабелей недопустимо наличие легковоспламеняющихся предметов и материалов.

5. В соответствии с правилами технической эксплуатации нужно регулярно проводить измерения сопротивления изоляции проводов и кабелей. В сетях напряжением до 1000 В сопротивление изоляции каждого участка сети — не менее 0,5 Мом [65].

4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Воздействие электромагнитного поля на оператора ПЭВМ

Электромагнитное поле (ЭМП) создается магнитными катушками отклоняющей системы, находящимися около цокольной части электроннолучевой трубки монитора. ЭМП обладает способностью биологического, специфического и теплового воздействия на организм человека.

Биологическое воздействие ЭМП зависит от длины волны, интенсивности, продолжительности режимов воздействия, размеров и анатомического строения органа, подвергающегося влиянию ЭМП. Механизм нарушений, происходящих в организме под влиянием ЭМП, обусловлен их специфическим и тепловым действием.

Специфическое воздействие ЭМП обусловлено биохимическими изменениями, происходящими в клетках и тканях. Наиболее чувствительными являются центральная и сердечно – сосудистая системы.

Тепловое воздействие ЭМП характеризуется повышением температуры тела, локальным избирательным нагревом тканей, органов, клеток вследствие перехода ЭМП в тепловую энергию. Интенсивность нагрева зависит от скорости оттока тепла от облучаемых участков тела.

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно – эмоциональной нагрузкой, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной работы.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках, возможное повышение температуры тела. Некоторые органы и ткани человека, обладающие слабо выраженной терморегуляцией, более чувствительны к облучению (мозг, глаза, почки, кишечник).

Влияние электромагнитных излучений заключается не только в их тепловом воздействии. Микропроцессы, протекающие в организме под действием излучений, заключаются в поляризации макромолекул тканей и ориентации их параллельно электрическим силовым линиям, что может

приводить к изменению свойств молекул; особенно для человеческого организма важна поляризация молекул воды.

Таким образом, степень воздействия ЭМП на организм человека зависит от интенсивности облучения, длительности воздействия и диапазона частот.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей вызывает:

- повышенную утомляемость;
- головную боль;
- сонливость;
- гипертонию;
- боли в области сердца.

На территории Российской Федерации действуют СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы» [66], который устанавливает санитарно – эпидемиологические требования к персональным электронно – вычислительным машинам (ПЭВМ) и условиям труда.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ приведены в таблица 4.1.

В соответствии с этим используются такие меры организационного характера:

1. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно – цифровых знаков и символов.

2. Работа на ЭВМ не более 6 часов в день с перерывами через 1 час.

Таблица 4.1 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов (таблице 4.2).

Таблица 4.2 – Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПЭВМ

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	При 8 часовой смене	При 12 часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2	50	80
II	до 40 000	до 30 000	до 4	70	110
III	до 60 000	до 40 000	до 6	90	140

Виды трудовой деятельности разделяются на 3 группы: группа А – работа по считыванию информации с экрана ВДТ с предварительным запросом; группа Б – работа по вводу информации; группа В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ. При выполнении в течение рабочей смены работ, относящихся к разным видам трудовой деятельности, за основную работу с ПЭВМ следует принимать такую, которая занимает не менее 50% времени в течение рабочей смены или рабочего дня.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ПЭВМ, которые определяются: для группы А – по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б – по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В – по суммарному времени непосредственной работы с ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 ч за смену.

Освещение

Одним из элементов, влияющих на комфортные условия работающих, является освещение. К нему предъявляются следующие требования:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой работы;
- достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости;
- постоянство освещенности по времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- долговечность, экономичность, электро – и пожаробезопасности, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

В соответствии с задачами зрительной работы помещение относится к 1 группе, т. е. помещения, в которых производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения. Нормированное значение освещенности рабочей поверхности для данной группы составляет 300 лк – согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [67]. Это значение достигается применением совместного освещения, т.е. недостаточное естественное (через

оконные проёмы) дополняется искусственным (с помощью люминесцентных ламп).

Естественное освещение – обуславливается световым потоком прямых солнечных лучей и диффузионным светом неба, т. е. многократным отражением солнечных лучей от мельчайших взвешенных в атмосфере частиц пыли и воды. Величина такого освещения изменяется как в течение года, так и в течение суток. Изменения в течение суток зависят от географических координат, расположения других зданий, месторасположения объекта, времени суток, прозрачности воздуха, облачности и других характеристик окружающей среды.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в широких пределах, которые зависят от времени года, суток, метеорологических условий. Поэтому естественное освещение нельзя задать количественно. В качестве нормированной величины для естественного освещения используют коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой отношение освещенности в данной точке внутри помещения к значению наружной освещенности, полностью открытого небосвода. Нормирование этого коэффициента определяется по таблице с учетом характера зрительной работы, системы освещения, района расположения объекта. Кроме количественного показателя КЕО используют качественный показатель – неравномерность естественного освещения. Для естественного освещения с размером объекта 0,15 м естественное освещение находится в пределах 3 – 10 %.

В России нормируется еще один качественный показатель освещения – коэффициент пульсации освещенности. Нормирование этого показателя также потребовалось в связи с повсеместным внедрением газоразрядных источников света, так как у излучения ламп накаливания пульсации весьма незначительны и каких-либо неудобств от их существования люди не испытывали. Установлено, что глубина пульсации освещенности на рабочих местах не должна превышать 20 %, а для некоторых видов производства – 15 %.

Микроклимат помещения

Микроклимат помещений для лёгкой категории работ включает определённую температуру и влажность. Нормы метеорологических условий учитывают время года и характер производственного помещения. В таблице 4.3. приведены нормы метеоусловий для категорий работ по тяжести Ia в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [68].

Таблица 4.3 – Нормы метеоусловий

Холодный период года $t_{нар}^{возд}$ ниже +10, °C						Тёплый период года $t_{нар}^{возд}$ +10, °C					
Оптимальные			Допустимые			Оптимальные			Допустимые		
Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
22-24	40-60	0,1	19-26	15-75	0,1	23-25	40-60	0,1	20-29	15-75	0,1

Метеорологические условия для рабочей зоны производственных помещений регламентируются ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [69] и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [68].

Рассматривая вопросы охраны труда людей, работающих в компьютерной лаборатории, нельзя обойтись без рассмотрения вопроса вентиляции помещения. Вентиляция предназначена для создания на рабочем месте нормальных метеорологических и гигиенических условий за счёт организации правильного воздухообмена.

Проанализировав имеющуюся в помещении вентиляцию можно сказать, что:

1. По способу перемещения воздуха она является естественной и неорганизованной.

2. По назначению она осуществляет удаление (вытяжку) воздуха из помещения.

3. По месту действия она является общеобменной.

Количество приточного воздуха при естественном проветривании должно быть не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на одного человека, при объёме помещения приходящегося на него менее 20 м^3 , что не выполняется. Следовательно, следует либо применить другой тип вентиляции, например, принудительную, либо устанавливать кондиционеры.

Кроме того допустимые нормы по запылённости должны соответствовать санитарным нормам для ПДК веществ 4 – ого класса опасности, и поддерживаются созданием соответствующих устройств вентиляции и влажной ежедневной двухразовой уборкой пола в помещении определяется ГН 2.2.5.1313 – 03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [70].

Источники шума

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения и центральная система вентиляции ЭВМ. Допустимый уровень шумов для помещений компьютерных залов 50 дБ определяется СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки» [71] по шкале А шумомера – согласно ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [72].

Защитой от шумов является заключение вентиляторов в защитный кожух и установка внутрь корпуса ЭВМ.

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду.

При использовании ПЭВМ могут возникнуть следующие виды негативного воздействия на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу углекислого газа;
- загрязнение почвы при утилизации старого ПЭВМ.

ПК после завершения использования (срока эксплуатации) можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка такого рода отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования: кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы.

Пластмассовые части ПЭВМ утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха. ПК может содержать: тяжелые металлы, печатные платы с замедлителями горения, которые при горении могут выделять опасные диоксиды. Для опасных отходов используют теплоту сжигания, то есть специальные печи, такой способ не исключает образования токсичных выбросов. Отходы, которые не подлежащие переработке, утилизации и вторичному использованию подлежат захоронению на полигонах или в почве.

Если уровень загрязнения не превышает установленных норм, то атмосферные осадки и любые воды организации сливаются в сеть канализаций. В другом случае вначале осуществляется локальная очистка с помощью решеток, отстойников и др., потом может использоваться биологическая очистка. Биологическое разрушение (окисление) загрязняющих органических веществ, производимое биоценозом, позволяет достичь высокого качества воды. В сравнении с химическими методами, биологическая очистка имеет меньшую стоимость. Организация проводит дезинфекцию запасов воды хлорированием согласно [73].

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

4.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Электробезопасность при работе на ПЭВМ

Электрические установки – это большая потенциальная опасность для человека.

Специфическая опасность электроустановок в следующем: токоведущие проводники, корпуса стоек ЭВМ и прочего оборудования оказавшегося под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких – либо сигналов, которые предупреждали бы об опасности. Реакция человека на электрический ток возникает лишь при протекании тока через тело.

Для предотвращения электротравматизма большое значение имеет правильная организация обслуживания действующих установок.

Во время работ в электроустановках для предупреждения электротравматизма очень важно проводить соответствующие организационные и технические мероприятия.

Организационные мероприятия:

- оформление работ нарядом или устным распоряжением;
- допуск к работе;
- надзор во время работы;
- оформление перерыва в работе;
- переводов на другое рабочее место;
- окончания работы.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения:

- отключение оборудования на участке, выделенном для производства работ и принятием мер против ошибочного или самопроизвольного включения;

- ограждение при необходимости рабочих мест и оставшихся под напряжением токоведущих частей;
- вывешивание предупреждающих плакатов и знаков безопасности;
- проверка отсутствия напряжения;
- наложение заземления.

Особые требования предъявляются к обеспечению электробезопасности пользователей, работающих на персональных компьютерах. К их числу относятся следующие:

- все узлы одного персонального компьютера и подключенное к нему периферийное оборудование должны питаться от одной фазы электросети;
- корпуса системного блока и внешних устройств должны быть заземлены радиально с одной общей точкой;
- для отключения компьютерного оборудования должен использоваться отдельный щит;
- все соединения ПЭВМ и внешнего оборудования должны производиться при отключенном электропитании.

По способу защиты человека от поражения током оборудование относится к 1 классу электрических изделий, т. е. к изделиям, имеющим, по крайней мере, рабочую изоляцию и заземление, т. е. всё оборудование, имеет защитную изоляцию, заземление – согласно ГОСТ 12.1.038 – 82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [74].

Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение во времени и пространстве; пожар наносит материальный ущерб и создает угрозу жизни и здоровью человека.

Причины возникновения пожара в компьютерной аудитории могут быть:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов);
- неправильное устройство и неисправность вентиляционной системы;
- самовоспламенение и возгорание веществ;
- короткое замыкание;
- статическое электричество.

В современных ЭВМ очень высока плотность размещения электронных схем. В непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода, коммуникационные кабели. При протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, что может привести к повышению температуры отдельных узлов до 80 – 100°С. При этом возможно оплавления изоляции соединительных проводов, их оголение и, как следствие, короткое замыкание, сопровождаемое искрением, которое ведет к недопустимой перегрузки элементов электронных схем. Они, перегреваясь, сгорают, разбрызгивая искры.

Следовательно, допускается работа только на исправных установках и приборах. К работе могут допускаться лица, прошедшие инструктаж, по технике безопасности.

Согласно нормам первичных средств пожаротушения ППБ 101 – 89 [75] с учётом наличия электроустановок напряжением до 1000 В, на 100 м² должны быть: один углекислотный огнетушитель типа ОУ – 2, ОУ – 5 или ОУ – 8. Категория по пожарной опасности – В – 4 так как имеются твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыль и волокна), способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть.

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 4.1).

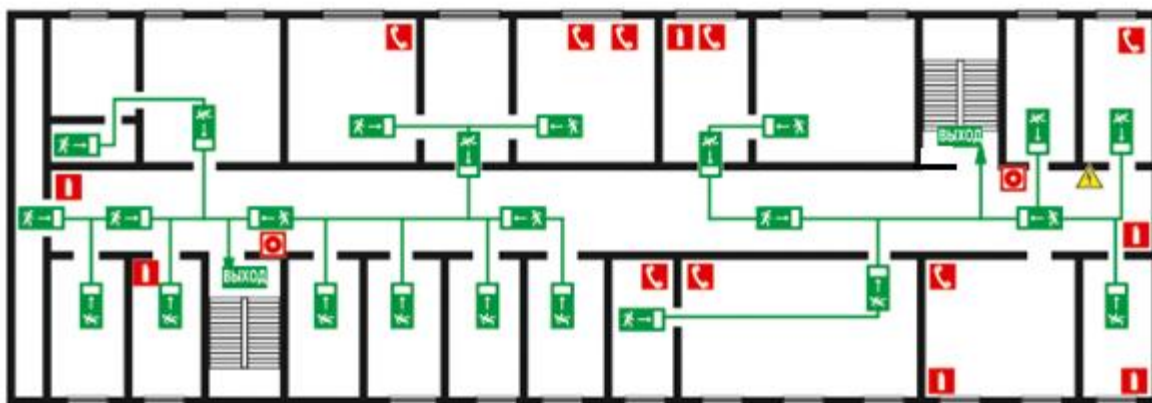


Рисунок 4.1 – План эвакуации людей при пожаре и других ЧС
(первый этаж)

Региональная безопасность

В помещении, в котором осуществляется процесс проектирования, используется офисная техника, в состав которой входят: компьютеры; принтеры; сканеры. Она относится к классу высокотехнологичных изделий.

При эксплуатации компьютерной техники к расходным материалам, не подлежащим восстановлению, относятся:

- манипулятор «мышь»;
- клавиатура.

Клавиатура и манипулятор более чем на 90 % состоят из пластика. Срок эксплуатации, по данным производителей, составляет примерно 5 лет.

При эксплуатации копировальной техники и принтеров остаются использованные картриджи, состоящие примерно на 90 % из пластика. Большинство моделей картриджей рассчитано на одноразовое использование и дополнительной заправке не подлежат. По окончании срока эксплуатации использованные картриджи должны передаваться на восстановление в специализированные предприятия, однако в реальной ситуации картриджи поступают в отходы.

В результате эксплуатации офиса образуются твердые бытовые отходы, в состав которых входит бумага, картон, пластик, люминесцентные лампы.

Разумным подходом к утилизации твердых бытовых отходов является организации вторичной переработки вместо вывоза аппаратуры на свалки.

Таким образом, удастся получить некоторое количество ценных материалов, пригодных для повторного использования в качестве сырья, исключая стадию их добычи или изготовления. Данный способ позволят сократить расходы производства и снизить нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения технологического цикла. Утилизация офисной техники с помощью профессионалов, позволяет обеспечить стабильное функционирование процессов производства с использованием вторичных материалов.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

«Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм, при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПК, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь 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.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;

- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 плюс-минус 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах плюс-минус 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 плюс-минус 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Рабочее место пользователя ПК следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм [76].

Рекомендуется работать в помещении, где окна выходят на север или северо-восток. Местное освещение не должно создавать блики на поверхности экрана дисплея. Недопустим яркий нерассеянный верхний свет (с потолка). Сдерживать поток избыточного света от окон следует с помощью жалюзи (или тканевых штор).

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ4В	Теляшкину Дмитрию Семеновичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ТЭС
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Кабельная техника

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):</i> - программное обеспечение; - расходные данные на материалы; - лабораторные оборудования.
<i>2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений,</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>3. Оценка ресурсного и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>- Календарный план;</i> <i>- Анализ конкурентных технических решений;</i> <i>- Технология QuaD;</i> <i>- Расчеты всех видов затрат;</i> <i>- Определение экономической эффективности;</i>
<i>4. Анализ конкурентных инженерных решений</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Названия таблиц: список заводов изготовителей кабельной продукции, оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок), перечень работ и продолжительность их выполнения, трудозатраты на выполнение проекта, смета затрат на разработку проекта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Фигурко А. А.	к.э.н		19.04.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ4В	Теляшкин Д, С.		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основной задачей технико-экономического расчёта является определение величины экономического эффекта от использования в общественном производстве основных и сопутствующих результатов, получаемых при решении поставленной задачи в данной выпускной квалификационной работе.

Целью данного раздела является расчет затрат на исследования влияния радиационного излучения на ресурс полиэтилена кабельной марки. Определения ресурса полимеров, применяемых в кабельных изделиях – это процесс исследования изменения эксплуатационных характеристик материала под действием различных негативных факторов. Наиболее часто для прогнозирования силовых трансформаторов используются методы анализа деревьев неисправностей и структурных схем надежности. Входные параметры для прогнозирования могут быть получены из разных источников, то есть из справочников, отчетов об испытаниях и эксплуатации и т.п. В любом случае, данные должны быть использованы с большой осторожностью, так как прогнозы верны тогда, когда данные получены при тех же условиях, при которых компоненты будут применяться в системе.

В современной энергетической отрасли роль атомной энергетики является наиболее приоритетной. Главным критерием, предъявляемым к электротехническим изделиям, работающим при повышенном радиационном фоне является надежность. Для надежного применения и увеличения срока службы кабельных изделий в зоне с повышенным радиационным фоном были проведены исследования влияния радиационного излучения на полиэтилен низкой плотности, применяемого в кабельных изделиях в качестве оболочки.

В таблице 5.1 приведен список заводов изготовителей кабельной продукции Российской Федерации.

Таблица 5.1 – Список заводов изготовителей кабельной продукции

Обозначение	Местоположение	Название
«Саранскабель»	Саранск	Открытое акционерное общество «Саранский кабельный завод»
«Псковкабель»	Псков	Открытое Акционерное Общество «Псковский кабельный завод»
«Завод КвантКабель»	Дмитров	Общество с ограниченной ответственностью «Завод КвантКабель»
«НКЗ»	Новосибирск	Общество с ограниченной ответственностью «Новосибирский кабельный завод»
«Полимет»	п. Целина	Закрытое Акционерное Общество «Полимет»
«Завод КвантКабель»	Подольск	Общество с ограниченной ответственностью «Завод КвантКабель»
«Кабельтов»	Москва	Общество с ограниченной ответственностью «Кабельтов»
«Энергокабель»	Электроугли	Закрытое Акционерное Общество «Энергокабель»
«Камкабель»	Пермь	Общество с ограниченной ответственностью «Камский кабель»
«ТК ПРОК»	Санкт-Петербург	Общество с ограниченной ответственностью «Петербургский кабельно-проводниковый завод»
«Москабельмет»	Москва	Закрытое Акционерное Общество «Москабельмет»
«СегментЭнерго-Кабель»	Москва	Общество с ограниченной ответственностью «СегментЭнерго-Кабель»

5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.2. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырёх конкурентных товаров и разработок.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{томск кабель}	Б _{сибка бель}	К _ф	К _{томск кабель}	К _{сибка бель}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Механическая прочность	0,2	5	4	4	1	0,8	0,8
2. Электрическая прочность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Защита от радиации	0,2	5	4	5	1	0,8	1
4. Срок службы изделия	0,2	5	4	3	0,1	0,8	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							

5. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
6. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
7. Цена	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого	1				4,05	3,7	3,8

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

5.3 Технология QuaD

В качестве метода измерения характеристик качества разработки и ее перспективности на рынке используем технологию QuaD, которая также помогает принимать решения о целесообразности вложения денежных средств.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
- 2) Показатели оценки качества разработки:

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Механическая прочность	0,2	85	100	0,85	0,17
2. Электрическая прочность	0,1	90	100	0,9	0,09
3. Защита от радиации	0,2	90	100	0,9	0,18
4. Срок службы изделия	0,2	90	100	0,9	0,18
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	80	100	0,8	0,08
6. Уровень проникновения на рынок	0,05	85	100	0,85	0,0425
7. Цена	0,05	90	100	0,9	0,045
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	80	100	0,8	0,08
Итого	1			6,9	0,9525

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{cp}} = \sum B_i \quad (5.2)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Так как $P_{\text{cp}} = 95,25$, то данная научная разработка считается перспективной, следовательно, она является выгодной для инвестирования, а значит, имеет перспективы для дальнейшего улучшения.

5.4 Планирование управления научно-техническим проектом

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Первоначально составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность. Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика. Для его построения составим перечень работ и соответствие работ своим исполнителям в таблице 5.4. Основные исполнители в проекте: инженер (И) и научный руководитель (НР).

Таблица 5.4 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка нормативных документов	НР, И	НР – 40% И – 60%
Анализ полученных результатов	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Перейдем к расчету продолжительности этапов работ, который осуществляется опытно-статистическим методом, который реализуется вероятностным способом. Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ и других величин воспользуемся следующими формулами.(3-6)

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (5.3)$$

где t_{\min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{\max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях, $T_{рд}$ ведется по формуле

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (5.4)$$

где $t_{ож}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{вн} = 1$);

K_{∂} – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{\partial} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях, $T_{кд}$ ведется по формуле

$$T_{к\partial} = T_{p\partial} \cdot T_{к}, \quad (5.5)$$

где $T_{к}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности, $T_{к}$ рассчитывается по формуле:

$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,204, \quad (5.6)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни ($T_{кал} = 366$);

$T_{в\partial}$ – выходные дни ($T_{в\partial} = 52$);

$T_{п\partial}$ – праздничные дни ($T_{п\partial} = 10$).


$$T_{к} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,204$$


В таблице (5.5) приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе. На основании таблицы (5.4) составим линейный график работ и представим его на рисунке (5.1)

Таблица 5.5 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн.			
		t_{\min}	t_{\max}	$t_{\text{ож}}$	ТРД		ТКД	
					НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,8	3,36	–	4,08	–
Составление и утверждение технического задания	НР, И	2	3	2,4	2,59	0,29	3,14	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	3,17	12,67	3,84	15,37
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	2,69	0,67	3,26	0,82
Обсуждение литературы	НР, И	8	15	10,8	3,89	9,07	4,72	11,00
Разработка нормативных документов	НР, И	18	25	20,8	1,25	23,71	1,51	28,76
Анализ полученных результатов	И	15	20	17	–	20,40	–	24,75
Оформление пояснительной записки	И	10	15	12	–	14,40	–	17,47
Подведение итогов	НР, И	4	7	5,2	2,50	3,74	3,03	4,54
Итого:				87	19,44	84,96	23,58	103,06

Этапы работы	Исполнитель и	T _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ																
			янв			февр.				март			апрель			ма			
			1	1	2	1	8	1	2	2	7	1	2	2	5	1	1	2	3
			1	8	5			5	2	9		4	1	9		2	9	6	
Постановка целей и задач, получение исходных данных	Руководитель	4																	
Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер	3																	
Подбор и изучение материалов по тематике	Руководитель, инженер	15																	
Разработка календарного плана	Руководитель, инженер	4																	
Обсуждение литературы	Руководитель, инженер	15																	
Разработка нормативных документов	Руководитель, инженер	25																	
Анализ полученных результатов	Инженер(дипломник)	20																	

 - руководитель

 - инженер

Оформление пояснительной записки	Инженер (дипломник)	15																		
Подведение итогов	Руководитель, инженер	7																		

Рисунок 5.1 – Линейный график работ на основе рассчитанного для инженера и научного руководителя времени ТКД

5.5 Бюджет научного исследования

5.5.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы.

5.5.2 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как

правило, это $5 \div 20 \%$. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 5.6 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за кг, руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Полиэтилен	62,5	3 кг.	187,5
Итого:			187,5

Допустим, что ТЗР составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 187,5 * 1,05 = 196,88$ руб.

5.5.3 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ($З_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.7)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	
Календарное число дней	366
Количество нерабочих дней	
- выходные дни	66
- праздничные дни	14
Потери рабочего времени	
- отпуск	24
- невыходы по болезни	
Действительный годовой фонд рабочего времени (F_d)	262

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 5.8. При расчете учитывалось, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце 25 рабочих дня. Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ГП} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,188$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Вышеуказанное значение $K_{доп.ЗП}$ применяется при шестидневной рабочей неделе, при пятидневной оно равно 1,113, соответственно в этом случае $K_{и} = 1,62$.

Таблица 5.8 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	25000	992,366	24	1,699	40464,72
И	15000	595,419	103	1,699	104196,54
Итого:					144661,26

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили $C_{осн} = 144661,26$ руб.

5.5.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц.}} = 144661,26 \cdot 0,3 = 43398,38$ руб.

5.5.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об.}} \cdot t_{\text{об.}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (5.8)$$

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

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

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

Для лаборатории $Ц_{\text{э}} = 5,45$ руб./квт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{\text{об.}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t, \quad (5.9)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об.}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об.}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_c, \quad (5.10)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Пример расчета затраты на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	150*8	0,3	360,0
Дифференциальный калориметр	30*8	4,0	960,0
Итого:			1320,0

5.5.6 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{\text{ОБ}} \cdot t_{\text{рф}} \cdot n}{F_D} \quad (5.11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

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

При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или

фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} . Например, для ПК в 2016 г. (304 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе) можно принять $F_{д} = 304 * 8 = 2432$ часа;

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

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

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

Стоимость ПК 25000 руб., время использования 2432 ч., тогда для него $C_{AM}(ПК) = (0,1 * 25000 * 1200) / 2432 = 1233,5$ руб.

Стоимость ДСК 420000 руб., его $F_{д} = 240$ час.; $N_A = 0,1$; тогда его $C_{AM}(ДСК) = (0,1 * 420000 * 240) / 900 = 11200$ руб. Итого начислено амортизации 12433,5 руб.

5.5.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам} + C_{нц}) \cdot 0,1 \quad (5.12)$$

Для нашего примера это:

$$C_{проч.} = (187,5 + 144661,3 + 43398,4 + 1320,0 + 12433,5) \cdot 0,1 = 20200,1 \text{ руб.}$$

5.5.8 Расчет общей себестоимости разработки

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

Таблица 5.10 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	187,5
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	144661,26
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	43398,38
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1320
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	12433,5
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	20200,1
Итого:		222200,6

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 222200,6$ руб.

Выводы по разделу:

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, который представляет собой сумму основных и накладных расходов. Согласно сметы затрат расходы на НИР составляют 222200,6 руб.

Заключение

В данной работе было исследовано влияние радиационного воздействия на полиэтилен кабельной марки 153-10К. В частности были рассмотрены влияние дозы облучения на физико-механические характеристики и индукционный период окисления полимера. Было выяснено, что показатель температуры начала окисления может быть использован для оценки срока службы полиэтилена в кабельном изделии. По выявленным зависимостям видно, что с увеличением дозы облучения 10^4 до 10^5 Гр физико-механические характеристики показывают хорошие значения, в отличие от значения концентрации антиоксиданта. Из этого следует, что при обследовании ресурса кабельного изделия с оболочкой из полиэтилена, работающего при повышенных радиационных дозах, необходимо в первую очередь замерять содержание стабилизаторов, так как прочностные характеристики не отображают весь спектр изменений. Также было выяснено, что чем выше содержание стабилизатора в полимере, тем при более высоких дозах возможна его эксплуатация.

Для работы на объектах с ионизирующей радиацией необходимо применять кабельные изделия из полиэтилена с повышенным содержанием антиоксиданта для улучшения показателя индукционного периода окисления, или уменьшать его срок службы.

Список использованной литературы

1. Боев М.А. Техническая диагностика кабельных изделий низкого напряжения с пластмассовой изоляцией, Москва, 1997 с. – 9.
2. <http://www.polymerbranch.com>.
3. Павлов Н.Н., Леонтьева Н.В. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. Обзоры по отдельным производствам химической промышленности. НИИТЭХИМ, Москва, 1973, вып. 34. – 33 с.
4. Долежел Б. Коррозия пластических материалов и резин. Москва: Химия, 1964. – 248 с.
5. Уотерс У. Механизм окисления органических соединений./ Пер. с англ. к.х.н. К.П. Бутина под ред. акад. А.И. Несмеянова. Москва: Мир, 1966. – 175 с.
6. Влияние термоокислительного старения на механические свойства полиэтилена. /Эмануэль Н.М., Кирюшкин С.Г., Марьин А.П., Торсуева Е.С., Гумаргалиева К.З., Моисеев Ю.В., Шляпников Ю.А. – Доклады АН СССР, 1984, Т. 275, № 2. – с. 408-411.
7. Физико-химические превращения в полиэтиленовой силового (высоковольтного) кабеля в процессе его длительных испытаний / Гольдберг В.М., Шанина Е.Л., Синякин А.Ф. // 6 Всес. конф. по физ. диэлектриков, Томск, 23-25 ноября, 1988.: Тез. докл., Секц., Пробой и электрическое старение диэлектриков. – Томск, 1988. – с. 83.
8. Влияние переработки и эксплуатации полимеров на содержание стабилизаторов. / Шатайте Я., Гедрайтите Г., Алекса В., Ефимов А.А., Юшкявичюте С. – пластические массы, 1985, № 8. – с. 33.
9. Лазарева Н.П., Парфенова и др. Новые эффективные антиоксиданты ПЭНД и ПЭВД для изоляции кабелей. / Пластические массы, 1981, № 3. – с. 47-49.
10. Коварская Б.М., Левантовская Н.И., Нейман Б.М. Оценка эффективности стабилизаторов термопластов. – Пластические массы, 1968, № 2 – с. 67-69.

11. Растворимость стабилизаторов в полиолефинах. / Шатайте Я., Гедрайтите Г., Ефимов А.А., Юшкявичюте С. – пластические массы, 1986, № 2. – с. 42.
12. Ярцев В.П., Ратнер С.Б. Сопоставление влияния стабилизаторов на прочность, долговечность, износостойкость и термическое расширение термопластов. – Москва: НИИТЭХИМ, 1974, № 10. – с. 43.
13. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. Пер. с англ. под ред. С.Р. Рафинова. Москва: Мир, 1967. – с. 328.
14. Грасси Н. Скотт Дж. Деструкция и стабилизация полимеров: Пер. с англ. Москва: Мир, 1988. – 446 с.
15. Виднеев В.И., Гурвич Л.В. и др. Энергия разрыва химических связей. – Москва: Издательство АН СССР, 1962.
16. Баркова Л.В., Геворкян Э.Т., Тюрина М.В. Взаимосвязь энергии активации термоокислительной деструкции с элементным составом полимерных электроизоляционных материалов. – Электротехника, 1995, № 2. – с. 28-30.
17. Эмануэль Н.М., Бучаченко А.Л. Химическая физика старения и стабилизации полимеров. – Москва: Наука, 1982. – с. 218-359.
18. Фигт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла. – Ленинград: Химия, 1968. – с. 357-361.
19. Гордон Г.Я. Стабилизация синтетических полимеров. – Москва: Госхимиздат. 1963. – 299 с.
20. Старение и стабилизация полимеров. Под ред. А.С. Кузьминского. – Москва: Химия, 1966. – 210 с.
21. Старение и стабилизация полимеров. Под ред. М.Б. Неймана. – Москва: Наука, 1964. – 332 с.
22. Озеров Г.М., Акутин М.С. Термостабилизация полиэтилена. – Пластические массы, 1966, № 10. – с. 29-30.

23. Нейман М.Б. механизм старения и стабилизации полимеров. – В сборнике «Прогресс полимерной химии». Под ред. чл. – кор. АН СССР В.В. Коршака. – Москва: Наука, 1969. – с. 396-442.
24. Шляпников Ю.А., Антиокислительная стабилизация полимеров. / Успехи химии, 1981, № 6. – с 1105-1140.
25. Едемская В.В. Автореферат канд. дис. Москва, ИХФ АН СССР, 1975.
26. Лекции 1У полимерной школы, Москва, 1970. – 175 с.
27. Алишоев В.Р. и др. Пластические массы, 1982, № 7. – с. 11.
28. Бильмейер. Введение в химию и технологию полимеров. – Москва: И. – Л. 1958. – 45 с.
29. Левантовская И.И., Коварская Б.М. Пластические массы, 1986, № 3. – с. 69.
30. Коварская Б.М. и др. Пластические массы, 1968, №2. – с. 67.
31. Румер Ю.Б., Рывкин М.Ш. Термодинамика, статистическая физика и кинетика, 2 изд., Москва, 1977.
32. Боев М.А., Едемская В.В. Исследование кинетики ингибирования окисления модифицированного полиэтилена. – Тезисы докладов VIII Всесоюзной конференции «Старение и стабилизация полимеров», Душанбе, 1989. – 62 с.
33. Боев М.А., Едемская В.В., Королева Г.М. Метод защиты полиэтиленовой изоляции кабельных изделий от старения. – Тезисы докладов 7-го Всесоюзного семинара «Стандартизация средств и методов защиты изделий от коррозии, старения и биоповреждений», Москва, 1989.
34. Боев М.А., Королева Г.М. Стандартизация метода определения показателей долговечности кабелей и проводов с полиэтиленовой изоляцией. – Тезисы докладов 8-го Всесоюзного семинара «Стандартизация средств и методов защиты изделий от коррозии, старения и биоповреждений», Москва, 1991. – с. 55-57.

35. Боев М.А., Едемская В.В. Методика диагностирования и прогнозирования стойкости к старению кабелей с полиэтиленовой изоляцией при эксплуатации. – Тезисы докладов 8-го Всесоюзного семинара «Стандартизация средств и методов защиты изделий от коррозии, старения и биоповреждений», Москва, 1991. – с. 57-60.
36. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов. – Ленинград: Химия, 1969. – 128 с.
37. Бовей Ф. Действие ионизирующего излучения на природные и синтетические полимеры. Пер. с англ. под ред. Ю.С. Лазуркина. – Москва: Издательство «Издательство», 1959. – 296 с.
38. Чарлзби А. Ядерные излучения и полимеры. – Москва: Издательство «Издательство», 1962. – 522 с.
39. Праведников А.Н., Медведев С.С. «Труды I совещания по радиационной химии», 1958. – с. 274.
40. Словохотова Н.А., Каргин В.А. и др. Высокомолекулярные соединения, 1963, т. 5, № 4. – с. 575.
41. Голдинг Б. Химия и технология полимерных материалов. Пер. с англ. под ред. Н.Т. Романченко. – Москва: Издательство «Издательство», 1963. – 666 с.
42. Marin I., Grisacner. J. Appl. Polymer Sci., 1963, v. 7, № 1. – p. 153.
43. Ballantine D. S., Dins G. I. e.a. J. Polymer Sci., 1954, v. 13. – p. 410-414.
44. Shigeru M. Thermochim. acta, v. 4, № 1. – p. 57.
45. Hondert C., Lamm C. Rev. gen. du caoutch. et des plast., 1969, v. 40, № 9. – p. 1323.
46. Fowler I. E., Farmer F. T. “Nature”, 1955, v. 175. – p. 516-521.
47. Сажин Б.И. Электропроводность полимеров. – Москва: Химия, 1965. – 160 с.
48. Mayburg S., Lackrence W., J. Appl. Phys., 1952, v. 23, № 9. – p. 1006-1012.

49. Вайсберг С.Э. докторская диссертация. НИФХИ им. Л.Я. Карпова. – Москва, 1972.
50. Соколова Л.Е., Финкель Э.Э. труды ВНИИ кабельной промышленности, 1963, вып. 7. – с. 102.
51. Fowler I. E., Farmer F. T. “Nature”, 1955, v. 175. – p. 648-653.
52. Водопьянов К.А. и др. В кн.: Электронные ускорители. Труды III Межвузовской конференции. Томск, издательство Томского университета. 1961. – с. 308-318.
53. Биллингтон Д.С. В кн.: Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955. т. 7. – Москва: Госхимиздат, 1958. – с. 511-525.
54. Stark K. H., Garton C. G. “Nature”, 1955, v. 176. – p. 1225-1232.
55. Беркс Д.Б., Шульман Д.Г. Прогресс в области диэлектриков. Т. 1. – Москва: Госэнергоиздат, 1962. – с. 10.
56. Vockhoff F. I., Neumann I. A. Mod. Plast., 1955, v. 32, № 7. – p. 212-214.
57. Deeley C. W. e.a. J. Polymer Sci., 1958, v. 28. – p. 109-115.
58. Финкель Э.Э., Лещенко С.С., Брагинский Р.П. Радиационная химия и кабельная техника. Москва: Атомиздат, 1968. – 312 с.
59. Сажин Б.И. и др. ЖТФ, 1958, т. 28, № 9. – с. 1991.
60. Вайсберг С.Э. В кн.: Радиационная химия полимеров. Москва: Наука, 1973. – с. 376-443.
61. Black R. M. Electr. Manufg., 1957, v. 27. – p. 10.
62. ГОСТ 12.0.003 – 74 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
63. Электронный ресурс <http://www.cablenews>.
64. Электронный ресурс <http://electricalschool>.
65. Электронный ресурс <http://.info/main/ekspluat>

66. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы».

67. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».

68. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

69. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

70. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».

71. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».

72. ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ «Шум. Общие требования безопасности».

73. Электронный ресурс <http://an-site.ru>

74. СанПиН 2.2.2.542 – 96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно – вычислительным машинам и организации работы».

75. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

76. Электронный ресурс <http://www.bezopasnost-zhiznedeyatelnosti>

Приложение А

Раздел 6

Assessing the impact of dose ionizing radiation on service life of polyethylene cable brands

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ4В	Теляшкин Дмитрий Семенович		

Консультант кафедры ЭКМ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов А.П.	к.т.н		

Консультант-лингвист кафедры: ИЯЭИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Федоринова З.В.	к.п.н		

Introduction

Significant growth of global energy consumption in the XXI century is inevitable, especially in developing countries. Global energy consumption is likely to double by mid-century, even if we start from a very low growth. This growth depends on the development of the world economy, population growth and the desire for a more equitable distribution of energy consumption by regions of the world. In the coming decades, hydrocarbon fuels will continue to be the main source of energy, but the development of its deposits are exhausted, and the introduction of new types requires greater investment costs. The result should be a gradual change in the infrastructure of power generation, due to both economic (price increase and volatility), and environmental factors, as well as the further development of the technology of new fuels. Recently, international organization pay much attention on environmental impacts of using fossil fuel. Introduction of global restrictions on greenhouse gas emissions and regional restrictions on other atmospheric pollutants seriously affect the structure of the evolving global energy and require significant additional investment to curb emissions growth. Positive solutions to these problems will contribute to the development of nuclear energy. To globally significant impact on energy production, to ensure energy security and the weakening of the greenhouse effect, the production of nuclear energy should be increased by mid-century by 4-5 times by now.

As a result, this safe and effective using and maintenance of nuclear power plants is one of the main areas required for high-quality operation of the nuclear energy.

In any power generating companies, cable products are integral part of the energy system, and as the reliability of the system identifies each component part, increasing the service life of materials used in cable products will enhance the reliability of the entire system.

Thus, relevance of the topic of the research is improved the service life of cables and wires, which will definitely enhance the reliability of the entire power system.

It is obvious that the safety criteria, i.e. "state security object from internal and external threats" are marginal quality characteristics of the object indicators and external factors affecting the entity during its life cycle. It is also apparent that quantitative indicators are determined by measurements, which perform the main security features and security tools are in any kind of activity.

The radiation exposure is main factor reducing the efficiency of cable products, the operation of a nuclear reactor near.

The aim of the present work is to analyze the influence of dose ionizing radiation on service life of polyethylene cable brands the resource polyethylene cable brands with account of its original characteristics.

The objectives of the work are:

1. to investigate of the effect of radiation dose on stabilizer consumption;
2. to analyze of the effect of radiation dose on the strength properties of polyethylene;
3. to analyze of the impact of radiation on the dielectric properties of polyethylene.

The research methods used in the work are: qualitative, quantitative, comparative and analytical methods; study of the legal framework.

1 Specimen

Electric power systems include a large number of expensive and important power cable systems of different age manufactured and installed over many decades. The oldest oil-paper insulated cables still in use were installed in the 1940s. Installation of XLPE-cables started in the middle of the 1970s. Some of the oil-paper insulated cables are rather old and the first XLPE cables are old enough to show possible degradation results.

For reliability reasons, preventative measures need to be taken on certain components in the power system. Quality requirements are increasing and outages in electric power distribution are expensive. Condition based maintenance is becoming more common for economic reasons. Repair and replacement of important cable systems are expensive and correct timing in these activities can give large savings in costs.

The insulation systems of high-voltage power cables and their accessories are subject to different kinds of stresses during their service life and thus suffer degradation and deterioration. These can lead to a reduction of life which in turn can lower the reliability of electrical power systems. Therefore, a lot of research effort, activities and publications are directed towards a better understanding of degradation phenomena, the finding of tools for insulation diagnosis and the establishment of remaining life estimation techniques. In order to check the quality and dependability of a cable system, it is important to perform diagnostic tests before putting the cable system into operation and after a defined period of operation. On-site insulation diagnosis to determine the degradation state of high voltage equipment is of great interest within the power and grid companies and utilities.

It is impossible to carry out diagnostics measurements on all cable systems in use. It is even harder to carry out full laboratory scale testing of every cable system in use. Cable insulation must be stripped and cut during the repair of a cable fault. This is a natural point to collect cable insulation samples for further

analysis. Analysis results should give more information about the actual condition of the cable insulation system.

Since the end of the 1960s, crosslinked polyethylene (XLPE) insulated power cables have increasingly come into use. All new installations and repairing of old cable systems are performed using XLPE-cables.

The basic material of XLPE is low density polyethylene (LDPE). XLPE is usually produced by the activation chemical agent, dicumyl peroxide. Insulation is extruded over the conductor using triple extrusion. During the triple extrusion process, polyethylene mixed with dicumyl peroxide is pressed onto the conductor forming the inner conductor screen, and the main insulation and outer semi conductive layers are extruded at the same time. The temperature during the extrusion is around 130 °C. After extrusion the insulated core is passed through a vulcanisation tube filled with pressurised and heated nitrogen gas. The heat and pressure decompose the peroxide into reactive primary radicals which affect the crosslinking. The crosslinking process causes polyethylene to change from a thermoplastic to thermosetting material with a marked improvement in both the physical and electrical properties.

After the curing the cable is cooled down. This period can cause residual mechanical stresses inside the cable insulation, which may not be uniformly distributed in the cable insulation bulk material. Residual internal mechanical stresses from manufacturing have a significant effect on the breakdown strength of cable insulation [1]. The effect of internal mechanical stress can be reduced by heat treatment. Intermediate storing of the cable before jacketing will also reduce mechanical stresses.

During the curing process crosslinking byproducts are formed. Water is formed while crosslinking polyethylene and forming XLPE. At the same time acetophenone and cumyl alcohol are formed in the quantity of 1 weight percent of the fresh vulcanised insulation. Up to 99,5 % of the peroxide will be consumed during the curing process. After degassing the insulation, the peroxide residual will be less than 4000 ppm and the water byproduct should be less than 150 ppm [2].

The long term performance of XLPE insulation can be improved using additives during the manufacturing. Additives can improve the water tree retardant capabilities. Antioxidants are added to the cable insulation to capture highly reactive and harmful free radicals.

Typically, the polyethylene produced in the form of stabilized granules of 2-5 mm in diameter in the form of painted and unpainted. But there is commercial production of polyethylene powder.

Depending on the polymerization conditions are three types of polyethylene (PE):

- high pressure (LDPE) or low density (LDPE);
- low pressure (LDPE) or high density (HDPE);
- a linear, low pressure, low density (LLDPE).

For the experiments will use the second type of HDPE polyethylene. LDPE is prepared by polymerizing ethylene in the presence of oxygen and polymerization initiators (peroxide compounds) at a temperature of 200-300 ° C and a pressure of 100-350 MPa. Figure 1 shows the structure of the polymer.

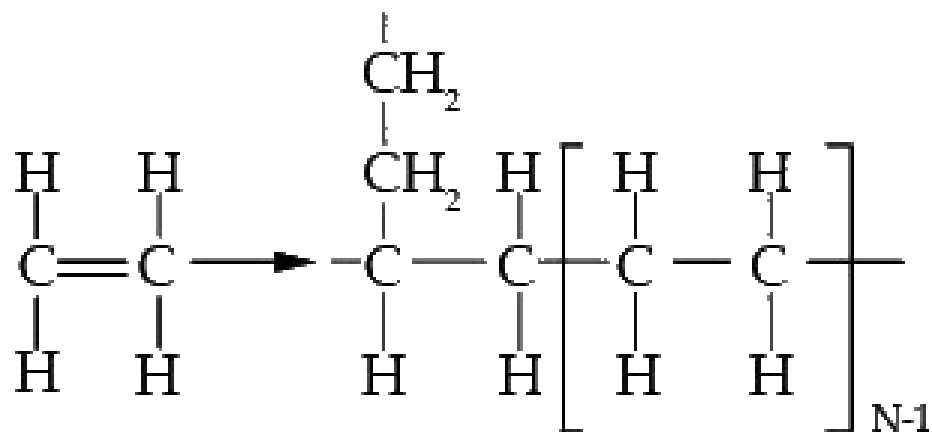


Figure 1 - Chemical structure of LDPE

During the polymerization the polymer is formed with a high content of short and long side branches arranged randomly. This structure is sometimes called LDPE polyethylene branched chain.

Branching structure is partially responsible for the formation of loose crystal structure and, consequently, reduce the density of the polymer. The degree of crystallinity of not higher than 50-60%, and the density is in the range 910-935g/cm³.

Low density polyethylene is nonpolar amorphous-crystalline polymer. Basic physical and mechanical properties are shown in Table 1.

Table 1 – Basic physical and mechanical properties of LDPE

Density, kg / m ³	918-935
Melting point, ° C	105-115
Frost resistance, ° C	-70
Breaking stress, MPa, at: stretching bending	10-16 12-17
Relative extension, %	150-1000
Specific heat, kJ / (kg · ° C)	2.1-2.8
Thermal conductivity, W / (m · ° C)	0.2-0.3
The coefficient of linear thermal expansion of the solid state 10 ⁴ ° C ⁻¹	2.2-2.5
Electric strength MV / m	45-60

This polymer is resistant to the action of gasoline, kerosene, oil, alcohol, various solvents, dilute and concentrated solutions of alkalis and salts. In the open air by the action of carbon dioxide, oxygen and moisture, as well as static stresses in the products of LDPE may appear cracks. Cracked products under the influence of mechanical stress accelerated sharply at their contact with the surface-active compounds which lower the surface energy of the material.

When heated in air to a temperature above 290 °C LDPE undergoes thermal oxidative degradation, and the solar radiation causes its photolysis. degradation processes proceed through a radical mechanism with the release of low molecular

weight products - aldehydes, ketones, hydrogen peroxide. The ultraviolet portion of sunlight is not only the photochemical degradation, but also structuring polymer. To stabilize the composition is administered in LDPE antioxidants - aromatic amines, phenols, phosphites and others.

LDPE combines relatively low price with high dielectric properties, stability in various temperature-humidity conditions and a wide frequency range, and relatively high physical and mechanical properties. Flexibility is maintained to $-65 \pm 5^{\circ}\text{C}$. continuous operation temperature is 70°C . Low density polyethylene is not toxic, and does not emit into the environment of dangerous substances for human health, products based on it are approved for use in contact with foodstuffs. The harmful influence can have only the products of its decomposition.

The polymerization method provides a basic grade LDPE, and compositions based on them (for example, by introducing various stabilizers, antioxidants, silane grafting, etc.). The designation of the base polymer grades in a position to supply the first digit indicates the mode of production (1 – high pressure in the polymerization). The following two digits indicate the production method of the base brand: from 1 to 49 – using the autoclave method; from 50 to 99 – when using a tubular reactor. The fourth digit indicates the polymer averaging method: cold mixing granules – 0, melt – 1. The numbers located by a dash to indicate a melt flow rate (MFR), enlarged 10 times.

General purpose compositions are divided into insulation and hose. Legend compositions consists of a basic mark (first three digits), after the dash - recipe number and supplements the letter K (cable). For example: insulating - 153-01K; Hose - 153-10K. Full list of low density PE compositions listed in Table 2.

Table 2 – Compositions of low density polyethylene designed for applying insulation and jacketing of wires and cables by extrusion

Mark compositions	View additive	Composition additive	Concentration of additives, %
102-01K, 107-01K 153-01K, 178-01K 180-01K	heat stabilizer	nonoks CJ	0.1
102-02K, 107-02K 153-02K, 178-02K 180-02K		nonoks WSP	0.1
102-04K, 107-04K 153-04K, 178-04K 180-04K	heat stabilizer	santonoks	0.1
102-09K, 107-09K 153-09K, 178-09K	heat stabilizer	nonoks CJ black DT-100	0.1 0.5
102-10K, 107-10K 153-10K, 178-10K	heat stabilizer	nonoks CJ black DT-100	0.1 2.0
102-57K	light stabilizer	Agidol-40	10.0
102-93K, 107-93K 153-93K, 178-93K	heat stabilizer	pfenozan-30	0.1
102-94K, 107-94K 153-94K, 178-94K	light stabilizer	AO-40 black DG-100	0.1 0.5
102-95K, 107-95K 153-95K, 178-95K	heat stabilizer	V-13 black DG-100	0.1 2.0
102-96K, 107-96K 153-96K, 178-96K	heat stabilizer	nonoks CJ black DG-100	0.1 0.5
102-97K, 107-97K 153-97K, 178-97K		nonoks CJ black DG-100	0.1 2.0
102-99K, 107-99K 153-99K, 178-99K	heat stabilizer	tioalkofen BM black DG-100	0.1 0.5
102-100K, 107-100K 153-100K, 178-100K	light stabilizer	tioalkofen BM black DG-100	0.1 2.0
107-61K	heat stabilizer	tserehlor taymononoks nonoks WSP	5.0 5.0 0.1

The insulating composition contains in its structure antioxidants, heat stabilizers, copper deactivators, processing aids, to prevent degradation of the

polymer during processing, use and storage. Used for wire and cable insulation, therefore the most important characteristics of these compositions are for power, some of which are summarized in Table 3.

Table 3 – Main features of cable insulation grades of polyethylene compositions

Parameter	Polyethylene Brand			
	102- (01,02)K	153- (01,02)K	107- (01,02)K	178- (01,02)K
Density, g / cm ³	0.922- 0.924	0.918- 0.922	0.917- 0.920	0.917- 0.921
MFR, g / 10 min	0.24-0.36	0.21-0.39	1.7-2.3	1.05-1.95
Tensile strength, Mpa, min	14.7	13.7	12.2	11.7
Elongation at break,% not less	600	600	550	600
tgδ at 1 MHz,	$3 \cdot 10^{-4}$			
The dielectric constant at a frequency of 1 MHz of not more than	2.3			
Dielectric strength at sample thickness of 1 mm at alternating voltage frequency of 50 Hz, kV / mm	40			
Volume resistivity, ohm-cm	$1 \cdot 10^{16} - 1 \cdot 10^{17}$			
Specific surface resistance, Ohm	10^{15}			

Hose composition used for the manufacture of wire and cable sheaths. Containing heat and light stabilizers, antioxidants that prevent exposure to heat and light on the polymeric material. Despite the presence of antioxidants, the oxidation rate of PE increases dramatically when exposed to sunlight, especially ultraviolet part of its spectrum. Currently, a new generation of light stabilizers are used

together with carbon black, for example, Tinuvin, hemassorb having a light color that allows to paint the shell of wires and cables in different colors. From hose PE compositions do not require high electrical performance. The main role is played by mechanical properties, frost resistance, resistance to aggressive environments, ozone resistance, etc. Table 4 shows the values of the mechanical characteristics depending on the brand of cable hose PE compositions.

Table 4 - Main parameters of cable brands Hose PE compositions

Parameter	102-10K	153-10K	107-10K	178-10K
MFR, g / 10 min	0.24- 0.36	0.21- 0.39	1.7-2.3	1.05- 1.95
Tensile strength, Mpa, min	14.7	13.7	12.2	11.7
Elongation at break,%, not less	600	600	550	600
Resistance to cracking, h, min	500	500	2.5	2.5
Resistance photooxidative aging, h, not less	500			
temperature brittleness after 1000 hours of irradiation the lamp DRT-400 °C	-70			

1.1 Crosslinked polyethylene degradation

The degradation processes of XLPE insulation can be categorized into two main groups as either extrinsic, i.e., those due to voids, contaminants, physical imperfections or poorly dispersed components, or intrinsic, i.e., those due to physical or chemical changes or trapped charges [3]. An intrinsic degradation process may affect a large volume of insulation, for example thermal degradation of the insulation material. Extrinsic degradation usually results in localised changes in otherwise uniform insulation material.

Physical, chemical and electrical degradation are the major deterioration mechanisms affecting polymeric insulation. Polymers will not achieve their final

crystal structure right after manufacturing. Final curing of the insulation structure will happen over several years, because curing is a slow process whereby micro cavities and locally denser areas can be formed inside the insulation. Uneven insulation structure will increase the effect of electrical degradation and the risk of electrical breakdown. Polymeric insulation is sensitive even to small partial discharges [6]. The molecular structure of polyethylene is modified by mechanical degradation. Mechanical stress is known for generating bonds deformation, free radicals and rupture, and also carbonyl groups in polyethylene [12].

1.1.1 Chemical degradation

Chemical degradation will cause changes in the mechanical properties of polymeric insulation. The result of chemical degradation can be to break up the long polymeric chains, a process known as depolymerisation. Some new cross-linking bridges can be also formed. Polymeric insulation will be more brittle if these mechanisms are in play. Chemically reactive free radicals are part of the reaction. These free radicals are formed during the oxidation of the insulation. The formation rate of free radicals depends on temperature, the amount of oxygen and the presence of radiation. Note that ready made cable insulation does not contain a free oxygen source. Oxidation refers to all changes in the oxidation state of the material. Partial discharges inside the insulation will form ionising radiation, causing the formation of free radicals. As consequence of partial discharges, some harmful gases and acids are formed. Sunlight contains UV-radiation, which is also harmful for polymeric insulation.

1.1.2 Formation of free radicals

Free radical formation is the initial step in polymer degradation. The sharing of a pair of valence electrons between two atoms forms a covalent bond. In heterolytic dissociation both bonding electrons are retained by one of the atoms and ionic species are formed. In a less typical process each atom involved receives one electron from the original shared pair. An atom that contains an unpaired

electron is called a free radical. Most free radicals are unstable and very reactive, because free radicals contain an atom with an incomplete octet [2].

Ionisation is typically caused by accelerated electrons in the material. An electron does not necessarily deliver all of its energy to the molecule it interacts with. Since organic molecules almost without exception contain electron pairs in filled orbitals, the ionisation of a molecule by removing an electron leaves behind an electron which is unpaired. The product is a cation radical.

In the presence of oxygen, initially formed free radicals will react with oxygen forming peroxy complexes, and further, peroxy radicals. The peroxy has self catalytic effect on the degradation mechanism, accelerating the reaction through lower activation energy. Degradation products are oxy compounds such as aldehydes and ketones [2].

The primary antioxidants are free radical scavengers that terminate free radicals, forming a stable compound with them. Phenols, bisphenols, polyphenols and thiobisphenols are the primary antioxidants in greatest use [2].

1.1.3 Polymer radical degradation mechanism

The polymer radicals are formed through various mechanisms in discharges, oxidation and autocatalytic thermal scission. The effect of UV and gamma radiation and ozone causing ion formation can be neglected during the normal operation of cables. Discharge activity depends on electric field stress and the frequency, and the number and distribution of possible discharge locations.

Polymer degradation caused by the polymer radicals can be grouped into three categories: addition to the polymer chain by branching or net formation, chain scission and oxidation by absorbed oxygen. Branching will make the material harder while scission and oxidation cause loss in molecular weight and increase brittleness. Oxidation also increases polarity and the loss factor of insulation material. Individual reactions are complicated and almost always impossible to measure directly.

1.1.4 Thermal degradation

During normal operation cable XLPE insulation temperatures should be below 90 °C while during fault conditions cables can be used at temperatures of up to 120 °C. At temperatures between 150 to 225 °C, free radicals may attach to the backbone of the other polymer chains causing crosslinking. Crosslinking will decrease mechanical strength, density and crystallinity. At temperatures higher than 225 °C, the formation of trans-vinyl groups is observed. Formation of trans-vinyl groups indicates radical rearrangements. At very high temperatures above 350 °C polyethylene degradation takes place through de-polymerisation and incomplete thermal cracking forming coke.

1.1.5 Electrical degradation

The most dangerous defects in polymeric insulation are caused by electrical degradation. Partial discharges, electrical trees and water trees are the most important mechanisms. Electrical degradation will affect the insulation locally and randomly. Electrical degradation does not affect whole cable length, as thermal degradation does. The defect leading to final breakdown will usually be a local phenomenon. Low electric field intensity and long development time are common for electrical degradation mechanisms in medium voltage cables.

1.1.6 Water treeing

The majority of XLPE insulated cables installed in the ground are exposed to moisture and as a result are susceptible to degradation due to water trees. Water trees are generally found to initiate and grow in XLPE insulation exposed to an alternating electric field and humidity. Impurities inside the insulation material will increase the risk of water tree initiation. Polyolefins are capable of taking 2000 – 5000 ppm of water depending especially on the crystalline, which in the case of polyethylene is directly related to the material's specific density [2]. Water can penetrate the insulation from the outside environment of the cable if water

blocking barriers are not used. Water can also enter cable insulation from termination or joint faults.

The formation of water trees starts at microscopic inhomogeneities in the insulation. Moisture inside the insulation will start to propagate in the direction of the electric field in a bush or tree form. Two types of water tree exist, bow-tie and vented. Bow tie water trees initiate from impurities and voids within the bulk insulation and tend to grow in two directions. Bow tie trees reach a limiting length of some tens of μm , and do not have a significant effect on degradation at the low electric field stresses used in distribution cables [4]. Residual moisture from crosslinking may also produce small bow tie water trees, but these water trees are not considered to be harmful. Vented water trees are initiated at the interface between the semiconductive screens and insulation and grow in the same direction as the applied electric field. Vented water trees normally need a longer initiation time than bow tie trees. Bow tie water trees saturate after a certain length, but vented water trees continuously grow and may eventually penetrate the entire insulation thickness. Thus vented water trees are considered to cause more severe degradation than bow tie water trees [5]. Water trees cause local stress enhancement that may be the initiation phase for an electrical tree. Alternatively, significant oxidation may occur in trees at high temperatures, leading to increased absorption, higher conductivity, and eventually thermal runaway [4]. Figure 2 shows two examples of vented type water trees.

The difference between a water and an electrical tree is that water trees do not necessarily form a permanent and visible canal through the insulation. When electric field and moisture are removed, water trees can ostensibly disappear. Total breakdown of the insulation can happen when a branch of a water tree bridges the electrodes. In some cases a cable can handle normal operating voltage even when a water tree bridges the electrodes. Formation of the water trees will take years. Growth of the water trees depends on the presence of water, the intensity and frequency of the electric field, the insulation material, temperature and mechanical stresses.

Water trees are formed at lower electric field strengths than electrical trees. Obviously cables installed in moist environments should be protected against moisture penetration to the insulation.

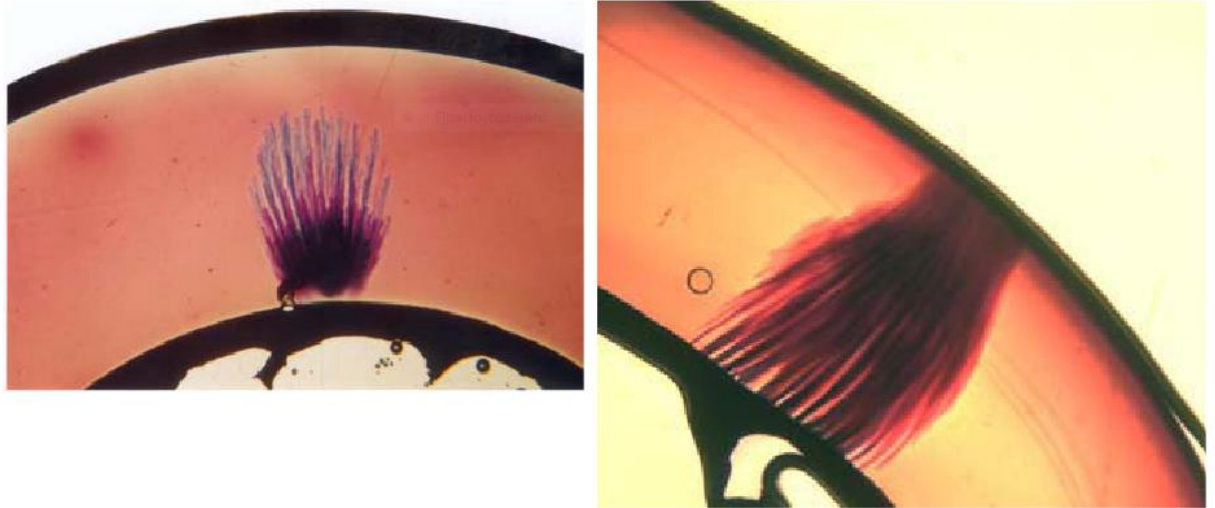


Figure 2 – On the left hand side an example of a vented water tree growing from the conductor screen and on the right hand side an example of a vented water tree bridging the whole insulation [13].

1.1.7 Electrical treeing

An electrical tree is a network of fine conductive channels that propagates relatively quickly through the insulation to cause failure. Electrical trees can initiate from the eroded surface of the void or a water tree or initiation can take place in the micro cavities of the polymer if the electric field enhancement is large enough. There are two phases of electrical treeing. During the initiation phase the charge motion ($0,1 - 0,2 \text{ pC}$) of each half cycle of the applied voltage gradually degrades the polymer leading to the formation of a small void. The charge injection and electroluminescence caused by the electric field enhancement in the insulation plays a certain role during the initiation phase of an electrical tree. When subjected to AC voltage stress polyethylene emits light in the visible and UV ranges above a certain threshold voltage, due to the charges of positive and negative polarities injected into the polymer. The UV light causes photo

degradation due to the photochemical reactions, creates free radicals and breaks bonds leading to the formation of a microcavity and subsequently an electrical tree [14]. During the growing phase a tree-like network of branches is formed from the expanded void due to the partial discharges within the branches. Discharges of 5 pC are enough to cause thermal runaway and extensive local thermal degradation of the polymer [2]. The tree growth rate depends on the applied electrical stress, the temperature, and the environmental and mechanical stresses.

During the manufacture or installation of a cable and its accessories, small cavities or gas bubbles can form inside the insulation or in the surface between insulation layers. When the electric field intensity inside a cavity or bubble is high enough, partial breakdown will occur. Positive charged ions and electrons formed by the partial breakdown will collide on the surface of the insulation and degradation of the insulation material will start. The roughness of the cavity surface or impurities inside the insulation can lead to a concentration of partial discharges in one place. The concentration of partial discharges will lead to a concentrated region of degradation in the insulation material. A conducting canal in the form of a bush or tree starts to develop through the insulation. This formation is known as an electrical tree. Total breakdown of the insulation can happen when the branch of an electrical tree bridges the electrodes. Breakdown can also occur before the electrical tree bridges the electrodes.

1.2 Effect of ionizing radiation on polyethylene

Ionizing radiation (IR) – streams of photons, the elementary particles or fission fragments of atoms that can ionize the matter.

It does not refer to ionizing radiation and visible light, ultraviolet light, though they may in some cases ionize matter.

The beam can be distinguished:

- Short-wave electromagnetic radiation (a stream of high-energy photons)
- Gamma radiation
- X-rays

It is also possible to divide the particle streams:

- beta particles (electrons and positrons)
- neutrons
- protons
- ions (fission fragments, alpha particles)

Also IR sources can be divided into groups:

- Natural sources of IR:
- Cosmic rays
- Thermonuclear reactions (eg, the sun)
- The spontaneous radioactive decay of radionuclides

Artificial sources:

- Nuclear reactors
- particle accelerator (generate streams of charged particles, as well as braking photon radiation)
- Artificial radionuclides
- X-ray machine, a kind of accelerator that generates a braking X-rays.

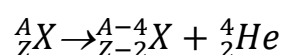
The most common types of IR for the radioactive radiation, which are generated by the radioactive decay of atomic nuclei. Radioactive elements have the ability to radioactive decay.

Radioactive elements:

- Natural (uranium, thorium, radium, et al., Only about 50)
- Artificial (there are about 700 elements)

Adopted share three types of radiation in the radioactive decay: alpha, beta and gamma - radiation.

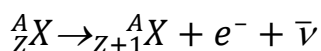
Alpha-particle – is twice ionized helium nucleus, which is a very stable and tightly bound nuclear structure. In the decay of nuclei with the emission of alpha-particle appearing as a result of the core is called a child, it has a charge of two units and an atomic mass of less than four units smaller than the original mother nucleus. In general terms, the reaction may be represented as follows:



Of the 160 known alpha emitter are most heavy nuclei with atomic numbers more than 82. The energy of the emitted alpha particles can range from 4 to 10 MeV and a half-life of from 10^{-6} to 1010 years. Alpha-particle high energy emitted in the decay of short-lived nuclei. Because alpha particles have a greater mass, in contact with the substance, alpha particles collide with molecules of the substance, are beginning to interact with them, losing their energy, so the penetrating power of these particles is small, and is able to hold even a simple sheet of paper.

Beta radiation – a stream of electrons with energies from 15 keV to tens of MeV, formed during the decay of radioactive elements. During the beta decay of the atomic number Z increases or decreases by one unit, and the mass number of the atom A remains constant. As a result of the collapse of the state changes of neutrons and protons. There are three types of beta decay: β^- , β^+ and electron capture.

In the process of beta decay of core elements change the status as follows:



Beta radiation has a higher penetrating power than alpha radiation, so dense screens required to protect against it. In fluoroplast – 4 path length of beta electrons is about 2 mm, and in polyethylene twice.

Gamma radiation is a high-energy electromagnetic radiation emitted during the transition of the atom nucleus from an excited state to a stable or less excited. Gamma radiation has a very high penetration power and to protect the need to use materials that are well retarding this radiation (water, lead, concrete) .10 – fold attenuation of gamma radiation in the lead at the energy of gamma rays of 1.2 MeV, is reached a layer 4 cm.

Types of IR differ quantity of mass, energy and charge. Also, in every form of ionizing radiation there are differences in terms of quantities of ionizing and penetrating ability. The intensity of irradiation of radioactive species, is inversely proportional to the square of the distance from the radiation source, which means that when the distance is three times the irradiation intensity is reduced by 9 times.

Polyethylene has properties which limit its use, such as creep under load, low strength and hardness, susceptibility to cracking in the atmospheric conditions and in contact with certain fluids under load, large shrinkage and internal stress causing warpage of products, the low heat resistance and high thermal coefficient expansion. In this regard, we developed a number of physical and chemical methods of modification of polyethylene to improve these properties [7]. In this paper we study the radiation modification.

The value of this method is the relative simplicity and flexibility of the process, and this method can be successfully combined with other methods. Skillful selection and regulation of conditions of irradiation produces a variety of materials that do not have the disadvantages of the original polymer and retains many of its valuable qualities [8, 9].

In radiation modification basis as polyethylene and other polymers are complex and diverse radiation-chemical processes. Studies of these processes creates an opportunity for the development and continuous improvement of radiation technology of polymeric materials. Next, a brief look at the main radiation-chemical processes.

Irradiation occurs breaking of chemical bonds, as in the main and in the side chains. The breaking of bonds resulting free radicals are formed, which recombination can lead to either the formation of stable macromolecules smaller length than the original, or to the formation of branching and cross-linking of the linear macromolecules.

A consequence of the high energy radiation on polymers is to change their properties, which are shown below [10, 11]:

- formation of the spatial grid as a result of transverse chemical bonds between the macromolecules (crosslinking);
- degradation of macromolecules to form volatile products and molecules of shorter length until conversion viscous liquid polymers;
- changes in the nature and concentration of double bonds;
- oxidation in the presence of oxygen.

Most polymers simultaneous occurrence is observed as the cross-linking and degradation. The ratio between the velocities of these processes, due to the nature of the polymer and the irradiation conditions, and determines the specific properties of the various polymers changes under the influence of radiation [9].

The molecular weight of the polymer - is one of its most important characteristics. Ionizing radiation can affect the molecular weight in two main ways:

- to increase, due to the crosslinking of the molecules;
- reduce, due to the destruction of the main chains.

At very low absorbed doses, at least one corresponding formation of the crosslinked molecule to the original level, the main effect of crosslinking is reduced to increase the degree of branching and number average molecular weight. The polymer in that case is still fully soluble, melts and flows at almost the same temperature as the non-irradiated, but the melt viscosity becomes higher.

Due to the fact that the proportion of the insoluble part with an increase in the absorbed radiation dose increases continuously from zero to a certain maximum value, limited macromolecules rupture - PE is always present in a small amount of insoluble fraction. This limit characterizes in equilibrium relation between the radiation-chemical crosslinking processes, outputs and destruction occurring in PE.

The irradiation of oxygen in the presence of radiation-chemical processes in the polyethylene complicated.

Atmospheric oxygen is involved in the development of specific oxidation reactions of radiation polyethylene. oxygen interaction with the polymer molecules can lead to formation of molecules with hydroxyl, carbonyl, carboxyl, and other oxygen-containing groups. The same operation makes the oxygen dissolved in the polymer, which, however, is consumed rapidly in the early stages of irradiation.

Acquaintance with the nature of the changes in the properties of various polyethylene irradiation conditions allows not only to assess the merits of the

irradiated PE, but also to choose the right mode radiation process in the preparation of new materials for specific applications.

Conclusion

In this work was to study the effect of radiation exposure on polyethylene cable brand 153-10K. In particular it was considered the effect of radiation dose on the physico-mechanical properties of the polymer and the induction period of oxidation. It was found that the rate of oxidation start temperature may be used to estimate the lifetime of polyethylene in the cable product. By revealing the dependence it can be seen that with increasing radiation dose of 10^4 to 10^5 Gy physical and mechanical properties show good values, in contrast to the concentrations of the antioxidant. From this it follows that when examining products resource cable sheathed with polyethylene, operating at high radiation doses necessary to first measure the contents of stabilizers, since the strength characteristics do not represent the whole range of changes. It was also found that the higher the content of the stabilizer in the polymer, especially at the higher doses for its intended use.

To work on objects with ionizing radiation is necessary to use a cable made of polyethylene products with a high content of antioxidant for the improvement in the induction period of oxidation, or reduce its service life.

Reference

1. N.Amyot, E.David, S.Y.Lee, I.H.Lee. Influence of post-manufacturing residual mechanical stress and crosslinking by-products on dielectric strength of HV extruded cables. IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation. Vol. 9, No. 3, June 2002. pp 458 – 466.
2. A.Harlin, M.G.Danikas, P.Hyvonen. Polyolefin insulation degradation in electrical field below critical inception voltages. Journal of electrical engineering. Vol. 56, No. 5-6. 2005. pp 135-140.
3. J.Densley, R.Bartnikas, B.S.Bernstein. Multi-stress ageing of extruded insulation system for transmission cables. IEEE Electrical insulation magazine. January/February 1993 Vol. 9. No. 1. pp 15-17.
4. J. Densley. Ageing mechanisms and diagnostics for power cables – an overview. IEEE electrical insulation magazine. January/February 2001 Vol. 17. No. 1. pp 14-22.
5. S.Hvidsten. Nonlinear dielectric response of water treed XLPE cable insulation. A dissertation submitted to the Norwegian University of Science and Technology. Department of electrical power engineering. ISBN 82-471-0433-4 1999:63. July 1999.
6. P.Нувцнен, B.Oyegoke, M.Aro. Advanced diagnostics test and measurement methods for power cable systems on-site. Literature review with discussion. Report TKK SJT-49. Helsinki University of Technology, High voltage institute, Espoo, Finland, 2001.
7. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов. – Ленинград: Химия, 1969. – 128 с.
8. Бовей Ф. Действие ионизирующего излучения на природные и синтетические полимеры. Пер. с англ. под ред. Ю.С. Лазуркина. – Москва: Издательский центр «Издательство «ИЗДАТЕЛЬСТВО», 1959. – 296 с.
9. Чарлзби А. Ядерные излучения и полимеры. – Москва: Издательский центр «Издательство «ИЗДАТЕЛЬСТВО», 1962. – 522 с.

10. Боев М.А., Едемская В.В. Исследование кинетики ингибирования окисления модифицированного полиэтилена. – Тезисы докладов VIII Всесоюзной конференции «Старение и стабилизация полимеров», Душанбе, 1989. – 62 с.

11. Нейман М.Б. механизм старения и стабилизации полимеров. – В сборнике «Прогресс полимерной химии». Под ред. чл. – кор. АН СССР В.В. Коршака. – Москва: Наука, 1969. – с. 396-442.

12. J.P.Crine. Influence of electro-mechanical stress on electrical properties of dielectric polymers. IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation. Vol. 12 No. 4 August 2005. p 791 - 800.

13. B.Holmgren, L.Adeen S.Hvidsten. Condition assessment of 12 and 24 kV XLPE cables installed during the 80rs. results from a joint Norwegian / Swedish research project. Nordic distribution and asset management conference 2004. 23 – 24.8.2004. Espoo Finland. 11p.

14. S.S.Bamji, A.T.Bulinski, R.J.Densley. Degradation of polymeric insulation due to photoemission caused by high electric fields. IEEE Transactions on electrical insulation. Vol. 24, No. 1, February 1989. p 91 – 98.

Приложение Б – Результаты испытаний полиэтиленов кабельных марок 153-10К на разрывной машине

№ партии	Испытание №1			Испытание №2			Испытание №3			Испытание №4			Испытание №5		
	Δh , мм	n	F _{pp} , Н	Δh , мм	n	F _{pp} , Н	Δh , мм	n	F _{pp} , Н	Δh , мм	n	F _{pp} , Н	Δh , мм	n	F _{pp} , Н
4521	1,21	63	14,0	1,20	67	14,3	1,19	67	13,9	1,20	63	13,9	1,18	65	12,2
4420	1,27	66	14,2	1,22	66	14,2	1,24	65	14,0	1,26	67	14,4	1,25	66	14,2
4367	1,23	66	11,6	1,23	71	12,7	1,21	72	12,7	1,20	68	12,6	1,22	71	12,1
4254	1,22	73	11,9	1,21	71	11,7	1,20	72	12,1	1,21	72	12,9	1,22	73	13,0
4607	1,13	65	12,0	1,14	66	12,1	1,13	66	12,1	1,11	65	11,9	1,14	69	11,8