

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

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ФТОРПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОЛОЧКИ К ДЕЙСТВИЮ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

УДК 621.315.211.9:661.48-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Матери Татьяна Михайловна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова Маргарита Николаевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт Энергетический
 Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна

Тема работы:

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ФТОРПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОЛОЧКИ К ДЕЙСТВИЮ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 25.01.2016 №343/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Литературные данные об устойчивости полимерных материалов к воздействию агрессивных сред, стандарты проведения испытаний, технические характеристики материалов, ГОСТы на соответствия требованиям.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Аналитический обзор литературных источников в области процессов старения полимерных материалов агрессивных средах 2. Разработка методики и плана-графика проведения испытаний 3. Подготовка образцов и проведение испытаний 4. Обработка и анализ результатов испытаний 5. Формулировка выводов по результатам работы</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Графики зависимостей относительного удлинения, предела прочности от времени старения в углеводородной жидкости</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трофимова Маргарита Николаевна
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Матери Татьяна Михайловна			27.09.2015

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна		27.09.2015

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости рынка; Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ (количество исполнителей - 2 человека)
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	15 % доплаты и надбавки; 12-15 % дополнительная заработная плата; 30% районный коэффициент; 16% накладные расходы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30,2 % от ФОТ на 2016 год

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки : - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта; - расчет сметы затрат: - материальные затраты; - оплата труда; - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. Диаграмма Ганта
3. Бюджет проекта
4. Оценка ресурсоэффективности

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	<p><i>1. Описание рабочего места на предмет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ вредных и опасных факторов, воздействие на окружающую среду, возможные ЧС и места их возникновения, организация работы отдела охраны труда.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<p><i>1. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Вредные вещества; – Микроклимат в помещении; – Шум; – Освещение рабочей зоны. <p><i>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность; – Пожаробезопасность; – Защита от случайного прикосновения; – Зануление. <p><i>3. Охрана окружающей среды:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ объекта воздействия на атмосферу; – Выброс отходов. <p><i>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Наиболее вероятными ЧС при исследовании фторполимерной оболочки являются высвобождение в природную среду обитания больших количеств опасных и вредных для жизни и здоровья людей веществ и агентов. <p><i>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Перечень законодательных и нормативных документов.
Перечень расч-го и граф-го материала	<i>Расчет искусственного освещения для помещения.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Хить Алиса Эдуардовна		

Реферат

Дипломная работа содержит 70 страниц текстового материала, 8 рисунков, 16 таблиц, 17 использованных источников. Таблицы и графики составлялись в графическо-расчетной программе ОС Windows Microsoft Excel, оформление текстового документа осуществлялось в программе ОС Windows Microsoft Word.

Перечень ключевых слов: фторполимер, изоляция, оболочка, углеводородная жидкость, агрессивная среда, стойкость, набухание, сорбция, предел прочности, относительное удлинение.

Тема: Исследование стойкости фторполимерной изоляции и оболочки к действию углеводородных жидкостей.

В процессе выполнения выпускной дипломной работы был проведен литературный обзор по данной теме. В работе были рассмотрены следующие вопросы: кабели низкого и среднего напряжения, нормы и способы оценки стойкости кабельных полимерных материалов к действию жидких углеводородов, полимерные материалы в конструкции кабелей. Также были определены методики проведения старения полимеров и испытаний механических свойств, а также методика обработки результатов.

В результате проделанной работы были получены зависимости предела прочности и относительного удлинения при разрыве фторполимера от времени старения в жидких агрессивных средах при температуре окружающей среды. На основании полученных данных были сделаны выводы о стойкости органических диэлектриков к действию углеводородных жидкостей и даны рекомендации по выбору полимерного материала для кабельных изделий, работающих в условиях агрессивных сред.

Список сокращений

ПА - полиамид;

ПВА - поливинилацетат;

ПВХ - поливинилхлорид;

ПК - поликарбонат;

ПП - полипропилен;

ПС - полистирол;

ПТФЭ - политетрафторэтилен;

ПЭ - полиэтилен;

ПЭНП - полиэтилен низкой плотности;

ТЭП - термоэластопласт.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	9
1. Обзор литературы.....	11
1.1. Кабели низкого и среднего напряжения.....	11
1.2. Нормы и способы оценки стойкости кабельных полимерных материалов к действию жидких углеводородов	13
1.3. Характеристики полимерных материалов, применяемых в конструкции кабелей	17
1.4. Старение изоляции кабельных изделий.....	21
2. Методическая часть	26
2.1. Методика проведения старения в агрессивной жидкости	26
2.2. Методика проведения испытаний механических свойств.....	27
2.3. Подготовка образцов	28
2.4. Методика статической обработки результатов эксперимента.....	32
3. Обсуждение результатов эксперимента.....	34
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	38
4.1. SWOT-анализ научного исследования	38
4.2. Планирование научно-исследовательской работы.....	41
4.3. Составление сметы затрат на разработку ТП.....	46
4.4. Определение ресурсоэффективности проекта	50
5. Социальная ответственность	53
5.1. Анализ вредных факторов.....	53
5.2. Анализ опасных факторов.....	60
5.3. Охрана окружающей среды	64
5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях	65
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
Список использованных источников	69

ВВЕДЕНИЕ

Низковольтные кабельные изделия эксплуатируются в условиях, когда оболочка подвергается воздействию агрессивных сред. На производстве и транспорте воздействие жидких углеводородов (дизельное топливо, трансформаторное масло) является для низковольтных кабельных изделий одним из наиболее важных факторов старения. В большой степени срок службы кабельного изделия зависит от способности материала оболочки противостоять действию этих жидкостей.

На сегодняшний день информации о стойкости некоторых типов материалов к воздействию агрессивных сред недостаточно. Поэтому актуальность дипломной работы заключается в исследовании маслостойкости полимеров и разработке рекомендаций по выбору наиболее устойчивых к влиянию углеводородных жидкостей.

Среди материалов, имеющих повышенную химическую стойкость, имеют место фторопласты. Они считаются менее восприимчивыми к воздействию агрессивных жидкостей в отличие от других наиболее часто встречающихся в кабельном производстве полимерных материалов. Однако, информации о маслостойкости фторполимеров гораздо меньше. В связи с этим, целью данной дипломной работы является исследование основных механизмов старения фторопластов под воздействием углеводородных жидкостей.

В свою очередь, основными задачами, которые необходимо будет решить, являются:

1. Изучение стандартных методов определения устойчивости кабельных изделий к воздействию агрессивных сред.
2. Обоснование выбора марок кабельных изделий, а также типов агрессивных сред для проведения испытаний.

3. Разработка методики и плана-графика испытаний, подготовка образцов.
4. Проведение старения кабелей с различным материалом оболочки (фторопласт, ПВХ-пластикат) в агрессивной среде.
5. Исследование зависимости скорости изменения механических характеристик оболочки кабельного изделия от времени старения и типа агрессивной среды.
6. Обработка и сравнительный анализ результатов.
7. Разработка рекомендаций по выбору полимерных материалов, наиболее устойчивых к старению в агрессивных средах.

Для решения поставленных задач был выбран в качестве объекта исследования кабель марки OLFLEX HEAT 260 MC 3Gx0,75, имеющий необходимый для проведения испытаний элемент конструкции.

1. Обзор литературы

1.1. Кабели низкого и среднего напряжения

Кабельная промышленность является динамично развивающейся и инвестиционно привлекательной отраслью. Основные направления ее развития в России – в разработке и выпуске новых видов, а также модернизации ранее выпускаемой продукции.

Кабельные изделия можно классифицировать по различным признакам, начиная от конструктивных особенностей (состав и материалы конструктивных элементов), заканчивая техническими характеристиками (назначение, область применения). Что касается классификации по рабочему напряжению, что является одной из основных технических характеристик кабелей и проводов, то вся кабельная продукция делится на две большие группы: низкого и высокого напряжения. Однако, на практике принято делить на три группы, где также имеет место понятие среднего напряжения.

Кабельные изделия на низкое напряжение (до 1 кВ) в зависимости от назначения подразделяются на силовые кабели (распределение электроэнергии в низковольтных сетях), кабели управления и контроля (осуществление дистанционного управления системами контроля и автоматики), монтажные провода и кабели (монтаж низковольтных схем электро- и радиоэлектронной аппаратуры), установочные провода и бытовые шнуры (осуществление освещения и работы бытовой аппаратуры).

Наиболее востребованными в настоящее время являются конструкции низковольтных кабелей, имеющие изоляцию из сшитого полиэтилена (ПЭ) с повышенной нагрузочной способностью по сравнению с ПВХ-изоляцией (примерно на 17 %), в том числе коррозионно защищенные кабели для подземной прокладки в агрессивных грунтах. Для такого рода кабельных изделий в связи с условиями эксплуатации предусматриваются жесткие

требования по пожаро- и взрывобезопасности, как к конструкции кабеля, так и к материалам.

В зависимости от области применения кабели напряжения до 1 кВ производятся с двумя и четырьмя жилами. Четырехжильный кабель состоит из трех основных жил и одной жилы, выполняющей функцию заземления или зануления, которая в большинстве случаев имеет меньшее сечение. Конструкция такого кабеля представлена на рисунке 1.1.

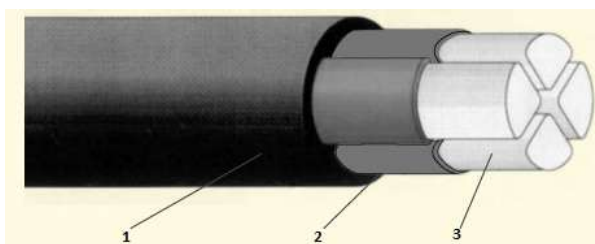


Рисунок 1.1 - Типовая конструкция кабеля до 1 кВ: 1 - оболочка; 2 - изоляция; 3 - жила

Кабели на среднее напряжение являются наиболее востребованными на рынке кабельной продукции, поскольку одно из напряжений, входящих в диапазон для данной группы является основным напряжением распределительных сетей энергосистем России и стран СНГ (10 кВ). Такие кабели применяются в распределительных сетях с изолированной нейтралью на напряжения 3, 6, 10, 20 и 35 кВ.

Что касается конструкции кабелей на среднее напряжение, представленной на рисунке 1.2, то в качестве электрической изоляции кабелей чаще всего применяется бумажная пропитанная и пластмассовая изоляция. В качестве фазной и поясной изоляции применяется бумага, пропитанная маслоканифольным составом. Такие кабели выпускаются с медными и алюминиевыми жилами секторной формы. Кабели на напряжение 3 и 6 кВ изготавливают только трехжильными. Для защиты гигроскопичной изоляции в конструкции кабеля предусмотрена металлическая оболочка из

свинца или алюминия. Поверх металлических оболочек накладываются защитные покровы для механической и коррозионной защиты.

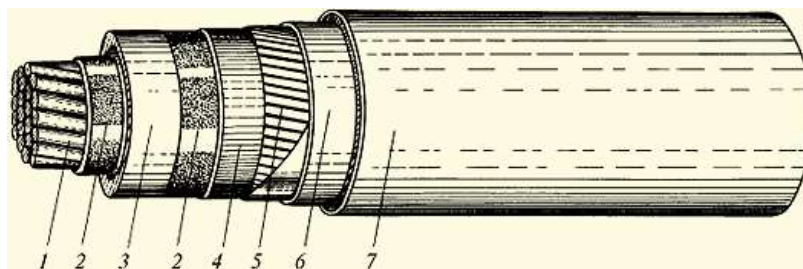


Рисунок 1.2 - Конструкция кабеля на 10 кВ: 1 - токопроводящая жила; 2 - электропроводящие экструдированные экраны; 3 - изоляция; 4 - электропроводящие влагонабухающие ленты; 5 - экран из медных проволок; 6 - разделительная обмотка лентой; 7 - оболочка

Данный вид кабелей зачастую используется для строительства сетей с высокой стойкостью к погодным условиям, а также для повышения их надежности. Применение кабелей на среднее напряжение позволяет строить подземные кабельные линии, что снижает вероятность сбоев в системе электроснабжения, вызванных стихийными бедствиями.

1.2. Нормы и способы оценки стойкости кабельных полимерных материалов к действию жидких углеводородов

Кабельные изделия часто подвержены воздействию химически агрессивных сред, таких как топливо, масла, кислоты и щелочи. Наиболее важными физико-химическими процессами при взаимодействии полимеров с агрессивными средами являются:

- 1) адсорбция компонентов агрессивной среды на поверхности полимера;
- 2) диффузия агрессивной среды в объем полимера;
- 3) химические реакции агрессивной среды с химически нестойкими связями полимера;
- 4) диффузия продуктов реакции к поверхности полимера;
- 5) десорбция продуктов реакции с поверхности полимера.

Вышеназванные процессы могут вызывать набухание (изменение массы и геометрических размеров), структурные изменения, а также физико-химические свойства (относительное удлинение и прочность при разрыве) полимерных материалов, которые определяют химостойкость кабельных изделий в целом. Набухание представляет собой процесс поглощения, или сорбции низкомолекулярных жидкостей (или их паров) полимером. При набухании молекулы низкомолекулярной жидкости (или ее пара) проникают между элементами структуры полимера, вызывая межструктурное набухание, или внутрь структур, раздвигая макромолекулы (внутриструктурное набухание), при этом увеличивая его массу, объем и изменяя структуры. Такие изменения структуры и свойств могут как сопровождаться разрушением полимера, так и происходить без нарушения целостности полимерного материала.

Методов определения стойкости полимеров в жидких агрессивных средах мало. Однако, изучение химической стойкости полимерных материалов возможно по ASTM D471, который основан на оценке свойств полимеров, выдержанных в определенных температурных и временных условиях в выбранных химических средах.

Испытания, которым подвергаются полимерные материалы, нормируются согласно ГОСТ 25018 «Кабели, провода и шнуры. Методы определения механических показателей изоляции и оболочки». Настоящий стандарт устанавливает методы определения прочности (разрушающего напряжения) при растяжении и относительного удлинения при разрыве изоляции и оболочки кабелей, проводов и шнуров в исходном состоянии, после термического и других видов старения или воздействия масел, жидкого топлива, бензина [1].

Результатом оценки стойкости полимерных материалов к воздействию агрессивных сред служат количественные значения исследуемых параметров.

Ими могут быть как отдельные характеристики, так и комплекс характеристик, такие как изменение массы и упруго-прочностные показатели. Набухание представляет собой физический процесс поглощения твердым веществом жидких веществ при отсутствии химических реакции с полимером. Образец считается выдержавшим испытания, если степень набухания изменяется в пределах $\pm 20\%$. Что касается, физико-механических свойств, то значительные нежелательные изменения в упруго-прочностных показателях полимера констатируют факт об общем разрушении структуры изоляции и/или оболочки кабеля. Испытание образцов на растяжение после воздействия масел, топлива и бензина должно быть проведено по ГОСТ 270 и ГОСТ 11262. Согласно требованиям кабельной промышленности образец полимера считается выдержавшим испытания на стойкость к действию агрессивных факторов, если сохраняется не менее 70% от его исходной прочности и не менее 50% от исходного относительного удлинения при разрыве.

Также широко распространены методы, позволяющие оценить диффузионную стойкость полимерных материалов, отличающиеся, в основном, способами определения количества вещества, проникшего через полимер. Для жидкостей, имеющих давление насыщенных паров ниже атмосферного, представителями которых являются жидкие углеводороды, используется прибор, работающий под вакуумом в улавливающем объеме. В некоторых случаях количество протифундировавшей агрессивной среды определяется химическими методами. К таким методам относится титрование, представляющее собой постепенное прибавление раствора известной концентрации к анализируемому раствору с целью установления концентрации последнего.

Абсолютные значение глубины и скорости проникновения среды могут быть получены с помощью метода, основанного на том, что агрессивные среды, диффундируя в полимер, изменяют его окраску. Глубина

проникновения среды определяется с помощью окулярмикрометра по толщине окрашенного слоя на срезе образца после действия среды. Однако, этот метод невозможно применять в исследовании всех полимеров. Поэтому, к примеру, по отношению к полимерам черного цвета применяют явление люминесценции.

Результатом использования всех вышеперечисленных методов оценки стойкости кабельных полимерных материалов является оценивание сопротивления полимерного материала воздействию агрессивной среды по пятибалльной шкале, где «5» соответствует высокой стойкости (стойкость 10 и более лет, при испытаниях до 1 – го года никаких изменений свойств не наблюдается), «4» - удовлетворительной (стойкость 5...10 лет, при испытаниях до 1-го года наблюдается незначительное ухудшение качества), «3»-стойкости материала в определенных случаях (стойкость 1...5 лет, при испытаниях до 1-го года наблюдается заметное понижение качества и прочности до 30 %), «2»-недостаточной стойкости, не рекомендуемой материал к использованию (стойкость до 1-го года, при испытаниях до 1-го месяца наблюдается заметное понижение качества и снижение прочности до 30 %), «1»-отсутствию стойкости, с разрушением материала.

Сравнительная химическая стойкость полимерных материалов в различных агрессивных средах представителей полимерных материалов представлена в таблице 1.1, где первая цифра означает холодные среды, вторая - горячие среды.

Таблица 1.1 - Стойкость полимерных материалов

Материалы	Кислоты средней концентрации	Растворы солей	Растворы щелочей	Минеральные масла
ПЭ	5/5	5/5	5/5	4/2
ПП	5/5	5/5	5/5	5/4
ПВХ	5/4	5/4	5/4	5/4

ПС	1/1	5/4	4/-	5/4
ПФА	2/1	5/4	5/4	5/4
ПА	5/-	5/-	1/1	5/-
ПК	5/4	5/4	5/4	5/4
Фурановые	4/3	5/5	5/4	5/4
ЭС	5/5	5/4	5/4	5/4
Фаолит	5/5	5/5	1/1	5/5
Антегмит	5/5	5/5	2/1	5/5

По результатам исследования физико-химических свойств полимерных материалов наиболее устойчивыми к влиянию агрессивных сред являются фторопласты. Такие фторопласты как Ф-4; Ф-4 НТД; Ф-3; Ф-40 стойки ко всем средам, приведенным в таблице 1. Также химическую стойкость демонстрируют и ПЭНП; ПЭВП и ПП, а также непластифицированный ПВХ. Несколько уступает им по химстойкости ПК и полистирольные пластики (ПС).

1.3. Характеристики полимерных материалов, применяемых в конструкции кабелей

В современной кабельной промышленности наблюдается разнообразие используемых в качестве изоляции и оболочек полимерных материалов. Выбор каждого из них основан на необходимых технических и эксплуатационных характеристиках получаемого кабельного изделия. Наиболее распространенными среди полимерных материалов, как для отечественной, так и для зарубежной кабельной промышленности, являются ПВХ (поливинилхлорид), ПЭ (полиэтилен), ТЭП (термоэластопласт) и фторопласты.

Поливинилхлорид - аморфный термопласт, который получают блочной в массе (ПВХ-М), суспензионной (ПВХ-С) и эмульсионной (ПВХ-Э) полимеризацией. ПВХ - основной изоляционный материал для кабелей,

предназначенных для использования с напряжением до 6 кВ и в рабочем интервале температур от -40 °С до +100 °С. Химическая стойкость и влагонепроницаемость этого материала позволяет применять его для изоляции кабеля, предназначенного для эксплуатации в тропиках, в химически-активных средах, болотах, средах с повышенным содержанием солей, в условиях высокой вероятности возникновения плесневого грибка. Недостатками ПВХ-пластиков являются часто невысокая холодостойкость, а также миграция пластификаторов в изоляцию при повышенных температурах и использовании пластификаторов в качестве оболочек кабелей с полиэтиленовой изоляцией. Введение некоторого количества каучуков способствует в ряде случаев устранению этих недостатков.

Полиэтилен является продуктом полимеризацией мономера этилена. Общая структурная формула ПЭ: $(-CH_2-CH_2-)_n$. ПЭНП относят к термопластам общетехнического назначения. Он отличается сравнительной дешевизной и технологичностью, морозостоек, сохраняет эластичность до -70 °С, обладает высокой химической стойкостью, что позволяет использовать его в изготовлении тары для агрессивных жидкостей; имеет малое водопоглощение. ПЭ инертен к физиологическим средам и пищевым продуктам, кроме жиров. Он является прекрасным электроизоляционным материалом и используется для низко- и высокочастотной изоляции. Кроме того, полиэтилен также служит покрытием на металлах для защиты от коррозии, влаги, электрического тока и других внешних факторов. ПЭНП выпускается стабилизированным в виде гранул, реже — в виде порошка. К недостаткам этого полимера следует отнести низкие предельные температуры эксплуатации (невозможность термической стерилизации), сравнительно высокую газопроницаемость и низкую маслостойкость. Он нестойк к УФ-излучению, имеет низкие прочностные характеристики и твердость, отличается высокой горючестью и способностью накопления электростатических зарядов.

ТЭП - это полимеры с механическими свойствами эластомеров, однако по способу переработки они являются термопластиками. В целом, структура ТЭП состоит из двух микроскопических фаз: одна низкомолекулярная и легко деформируемая, а вторая – жесткая, выполняющая функции связи между упруго-эластичными зонами. Такие свойства обуславливают возможность изменения внутренних механических характеристик ТЭП от упруго-эластичного полимера до полимерной жидкости. При нормальной температуре ТЭП имеют высокие прочностные свойства, относительное удлинение, твердость, эластичность и сопротивление истиранию. Существенным недостатком ТЭП является их малая теплостойкость. При повышении температуры до 50 – 70°С их прочностные свойства существенно понижаются и при постоянном напряжении начинает проявляться текучесть. Марки ТПЭ - динамически-вулканизированные (Сантопрены) и на основе блоксополимеров стирола (Тефаблоки) - достаточно широко используются в производстве автопроводов и телекоммуникационных кабелей, строительных, силовых и других марок.

Фторопласты являются фторсодержащими полимерами, на основе которых разработана широкая гамма пластмасс, обладающих рядом весьма полезных свойств. Этот вид полимерных материалов имеет чрезвычайно высокую устойчивость к воздействию химических сред, обладают неплохими прочностными, отличными антифрикционными, диэлектрическими и антиадгезионными параметрами и имеют способность не терять эти свойства в большом температурном диапазоне. Некоторые плавкие фторопласты обладают избирательной растворимостью в органических апротонных растворителях, что дает возможность, расширить методы переработки полимеров, получая пленки, покрытия, лакоткани, волокна из раствора. Покрытия из фторопластов большой толщины применяют для изоляции коаксиальных кабелей, используемых в радиолокационных и телевизионных установках, и для изоляции проводов в условиях высоких напряжений и

температур. Также фторопласты широко используют в медицине и технике для изготовления пьезо- и пирозлектриков, электропроводящих материалов, материалов с высокой диэлектрической проницаемостью, резисторов для сверхбольших интегральных схем, оптических волокон.

Основные сравнительные характеристики современных полимерных материалов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Характеристики полимерных материалов

Характеристика полимера	ПВХ-пластикат: ИО45-12	Полиэтилен: ПЭНП	Фторопласты: Ф-4	ТЭП: Олефиновый (Santoprene)
Уд.объемное электрическое сопротивление, Ом*см, не менее	10^{12}	$10^{14}-10^{15}$	10^{18}	$10^{13}-10^{15}$
Электрическая прочность, кВ/мм	14-20	40-50	35-40	25-40
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 КГц	$(50-90)*10^{-3}$	$0,3*10^{-3}$	$(0,2-0,25)*10^{-3}$	$(0,2-0,3)*10^{-3}$
Диэлектрическая проницаемость	3-10	2,48	1,9-2,2	2,3-2,4
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350	800	250-350	300
Прочность при разрыве, МПа, не менее	11,7	17,6	35	2,5-7

Анализируя представленные характеристики материалов, можно выявить преимущества одного полимера над другим:

- чем больше удельное объемное электрическое сопротивление материала, тем лучше его электроизоляционные качества;
- чем больше электрическая прочность, тем больше может быть величина рабочего напряжения;
- чем меньше величина тангенса угла диэлектрических потерь, тем ниже потери и лучше изоляционные свойства диэлектрика;

- чем больше относительное удлинение материала, тем большую кинетическую энергии он способен поглотить до момента начала собственного разрушения, следовательно, материал пластичнее;
- чем больше прочность при разрыве, тем больше могут быть механические нагрузки на материал.

Среди рассмотренных материалов наилучшими характеристиками обладают полиэтилен и фторопласт в сравнении с поливинилхлоридом и термоэластопластом. Если оценивать полимеры относительно химической стойкости, то для работы в агрессивных средах предпочтительны кабели с фторопластовой изоляцией. Этот тип изоляции отличается высокой прочностью, не разрушается под воздействием подавляющего большинства химически активных сред, включая кислоты и щелочи. Фторопластовая изоляция наматывается на кабель в виде ленты, после чего запекается при высокой температуре. В результате получается прочное и надежное покрытие.

1.4. Старение изоляции кабельных изделий

В процессе эксплуатации на кабельное изделие воздействует ряд факторов, влияющих на элементы его конструкции. Эти факторы влекут за собой множество реакций, изменяющих структуру, строение и качество материалов. К реакциям, ухудшающим свойства полимерных материалов, выступающих в качестве изоляции, относятся прежде всего реакции, связанные с распадом молекулярных цепей. Такого рода реакции могут привести к изменению молекулярной массы до образования низкомолекулярных веществ. Эти реакции являются последствиями воздействия таких внешних факторов как тепло, свет, различного рода излучения, кислород, озон, механических напряжений и др.

В целях исследования химического состава и строения полимера используется деструкция при условии, если разрушение структуры протекает

до образования мономера или ди-, три-, тетрамеров и т. д. Для проведения обработки полимеров в целях облегчения их дальнейшей переработки за счет снижения молекулярной массы используется деструкция полимера под действием механических напряжений в присутствии кислорода. Это также позволяет получить блок и привитые сополимеры при механической обработке смеси двух полимеров или полимера в присутствии мономера.

В большинстве случаев, однако, деструкция полимеров является нежелательным процессом, так как ухудшает физико-механические и другие характеристики полимеров. В противоположность реакциям сшивания, которые приводят к образованию пространственно-сшитых структур в полимерах, отличающихся от линейных макромолекул наиболее высокими механическими характеристиками и повышенной термической стойкостью, реакции деструкции наряду с образованием молекул полимера меньшей молекулярной массы имеют следствием значительное ухудшение механических свойств и появление текучести при пониженных температурах.

В процессе хранения, транспортировки и эксплуатации изделий из полимеров под действием различных внешних факторов может происходить чрезмерное сшивание макромолекул, результатом которого является ухудшение качества свойств полимерного материала. Полимер становится хрупким, жестким и слабокристаллизуемым. В результате снижается надежность готового изделия из полимера. В связи с этим, остро встает вопрос о защите полимерных материалов от воздействия вредных факторов, последствия которых проявляются в деструкции материала. Нежелательное изменение структуры материалов происходит при воздействии на него неразрушающих механических напряжений, которые приводят к развитию деформаций. При приложении многократно повторяющихся механических напряжений эффект становится более заметным. При этом происходят деструкция и сшивание цепей, образование разветвленных структур и другие

изменения, которые изменяют молекулярную структуру полимера. Результатом этих изменений является старение материала.

Под старением полимеров понимается комплекс химических и физических изменений, приводящих к ухудшению механических свойств и снижению работоспособности изделий из полимеров. В более широком смысле старением может быть названо всякое изменение молекулярной, надмолекулярной или фазовой структуры полимеров и полимерных материалов, приводящее к ухудшению физико-механических свойств в процессе хранения или эксплуатации изделий из полимеров. [2]

Химические превращения носят характер механизма цепных реакций с образованием активных свободных радикалов, ионов, электронно-возбужденных частиц. Такой механизм проходит по трем основным этапам: инициирование (образование активных центров), развитие процесса, гибель активных центров (деструкция полимеров). Изменение состава полимера при химическом старении полимеров может приводить к образованию существенно неоднородных структур, увеличению локальных напряжений, возникновению внешних дефектов и другим значимым изменениям.

Физическое старение представляет собой процессы переноса вещества через полимерный материал и изменения его структуры (в частности, кристаллизация), вызываемая релаксационными процессами и изменением состава на локальном уровне. Перенос вещества в полимерном материале сопровождается проникновением диффундирующих веществ в различных структурах материала, десорбцией из материала практически важных примесей (красителей, стабилизаторов, пластификаторов), что приводит к изменению его механических свойств, плотности, объема, возникновению механических напряжений.

Протекающее во времени старение полимеров определяет изменение свойств материала при изменении условий, которые связаны с действием

огромного количества внешних и внутренних факторов. Внутренние изменения обусловлены самим материалом (в частности, качеством исходных компонентов), его свойствами, структурой и технологией получения.

Различают несколько видов старения: световое, радиационное, термическое, химическое и механическое, а также биологическое. Это объясняется тем, что влияет множество различных внешних факторов. Это и различного рода излучения, свет, температура, напряжения, агрессивные среды. Особо следует отметить старение полимеров под действием широко распространенных комплексов внешних факторов, таких, как климат (климатическое старение полимеров), космос, а также сочетание любых видов старения полимеров с окислением кислородом воздуха. Выделяют также специальные виды старения полимеров в условиях переработки, истирания, абляции, хранения и транспортировки.

Термическое старение полимеров обусловлено нагреванием полимера в отсутствие кислорода или других агрессивных сред. Оно приводит к разрыву макромолекул, разрушению боковых групп, дегидратации, дегидрохлорированию и другим химическим процессам. Процесс часто сопровождается распадом полимера на мономеры или смесь мономеров; при этом вследствие получения изомеров макрорадикалов наряду с мономерами могут образовываться и другие низкомолекулярные вещества.

Световое старение полимеров проходит в виде фотохимических реакций, приводящих к увеличению скорости образования свободных радикалов и к изменению состава образующихся продуктов.

Механическое воздействие из-за неоднородности распределения напряжения по отдельным участкам химических связей в полимере приводит к разрыву связей, испытывающих предельно допустимые нагрузки.

Механические напряжения могут возникать как от внешних воздействий, так и в процессе изготовления материала и последующей его эксплуатации.

Большой урон наносит старение полимеров под воздействием агрессивных сред:

- а) кислорода, окисляющего полимеры;
- б) воды, приводящей к химическим превращениям материала и к обратимым и необратимым изменениям его физических свойств;
- в) озона, в значительной мере определяющего поверхностное старение полимеров с двойными связями;
- г) кислот и оснований, вызывающих, в частности, гидролиз эфирных и амидных связей.

При биологическом старении полимеров агрессивность внешней среды проявляется в обрастании полимеров грибами, бактериями и другими микро- и макроорганизмами, а также в воздействии химически активных веществ, выделяемых живыми организмами.

Все вышеперечисленные виды старения полимеров в значительной мере влияют на срок службы эксплуатируемого кабельного изделия. Поэтому для уменьшения или устранения вредного влияния старения полимеров были разработаны различные способы стабилизации полимеров.

2. Методическая часть

2.1. Методика проведения старения в агрессивной жидкости

Старение полимеров под воздействием агрессивных сред в лабораторных условиях проводится согласно межгосударственному стандарту ГОСТ ИЕС 60811-2-1-2011. Предлагаемый стандарт рассматривает методы испытаний полимерных материалов изоляции и оболочек кабельных изделий на озоностойкость, тепловую деформацию и маслостойкость.

Выбор жидких углеводородов основан на необходимости получения данных относительно жидкостей, которые имеют непосредственное участие в процессе эксплуатации кабельного изделия. Согласно выбранному стандарту, при испытании на маслостойкость, если не указан конкретный тип углеводородной жидкости, то используют минеральное масло N 2 (IRM 902) по ISO 1817.

В ходе исследования фторполимерной оболочки кабельного изделия в качестве агрессивных жидкостей были выбраны трансформаторное масло и дизельное топливо.

Методика проведения старения, согласно [3], заключается в погружении образцов в эксикаторы с углеводородными жидкостями при температуре окружающей среды. Далее образцы выдерживаются в течение установленного времени. Значение времени устанавливается в стандарте или технических условиях на конкретное кабельное изделие, в противном случае, выбираются промежутки времени, в течение которых происходит изменение физико-механических характеристик, а также наблюдается сорбция. В качестве временных точек выбраны следующие значения: 0, 24, 50, 75, 100, 300, 500, 800 и 1000 часов. После выдержки образцы извлекаются из агрессивной среды, удаляются излишки жидкостей. Затем образцы выдерживаются на воздухе при температуре окружающей среды не менее

чем на 16 ч и не более чем на 24 ч, если иное время не установлено в стандарте или технических условиях на конкретное кабельное изделие, для максимального удаления остатков жидкости.

2.2. Методика проведения испытаний механических свойств

Стойкость материалов, являющихся сырьем для производства кабельного изделия, к старению определяет срок службы готового изделия. Процесс старения таких вязкоупругих материалов, как полимеров, носит необратимый характер. Скорость старения зависит от чувствительности материала к воздействию агрессивных факторов. Результатом физико-химических процессов является ухудшение механических свойств материала. Поэтому для оценки надежности готового кабельного изделия проводится анализ изменения характеристик материала, подверженного воздействию агрессивной среды.

Испытания механических свойств полимеров в лабораторных условиях проводится согласно межгосударственному стандарту ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011. Предлагаемый стандарт рассматривает методы испытаний полимерных материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей, проводов и шнуров для распределения энергии и связи, включая судовые кабели, и методы измерения толщин и наружных размеров и определения механических свойств наиболее распространенных видов композиций для изоляции и оболочки.

Такого рода испытания позволяют определить такие механические свойства, как прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве материала изоляции в отсутствие токопроводящих элементов конструкции кабельного изделия, в исходном состоянии и после процесса старения в течение определенного времени.

В качестве оборудования для проведения испытаний используется разрывная машина марки РМИ-60 (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Разрывная машина

Машина данного типа предназначена для испытаний проволоки, металлической ленты, резины, пластмассы, резиновой и текстильной нити, ткани, чёрные и цветные металлы. Она предназначена для растяжения, сжатия, изгиба и разрыва испытуемого образца.

Основные характеристики РМИ-60:

- Допускаемая нагрузка, кг/с (Н) - 60(600);
- Допускаемая погрешность оборудования - ± 1 ;
- Типовое оборудование имеет границу 25мм, % - от 0 до 1600;
- Степень определения образца 25мм, мм - от 0 до 400;
- Корректируемая степень движения захвата - от 100 до 1000;
- Максимальное перемещение нижнего захвата - 1000 мм.

2.3. Подготовка образцов



Рисунок 2.2 - Кабель OLFLEX
HEAT 260 MC 3Gx0,75

В качестве объекта исследования был выбран кабель марки OLFLEX HEAT 260 MC 3Gx0,75 (рис. 2.2). Выбор данного кабельного изделия связан с тем, что одним из элементов его конструкции является оболочка, изготовленная из фторполимера.

Технические характеристики:

- Маркировка жил - цветовая

маркировка по VDE 0293-308;

- Удельное сопротивление изоляции - $> 1 \text{ ТОм}\cdot\text{см}$;
- Конструкция жилы - жилы по VDE 0295 класс гибкости 5/ по IEC 60228 класс 5;
- Минимальный радиус изгиба - подвижная прокладка: 15D, неподвижная прокладка: 4D;
- Номинальное напряжение - $U_0/U=300/500 \text{ В}$;
- Испытательное напряжение - 2500 В;
- Жила заземления G - с жилой заземления жёлто-зелёного цвета;
- Температурный диапазон - неподвижное применение: от -190°C до $+260^\circ\text{C}$, кратковременно до $+300^\circ\text{C}$.

Отличная стойкость к солям, щелочам, растворителям, синтетическим жидкостям, лакам, бензину, маслам и многим другим химическим веществам. Трудновоспламеняемые, высокая пробивная прочность и износостойкость, незначительное водопоглощение, стойкие к микробам, изоляционные материалы стойкие к адгезии. Стойкие к озону и атмосферным влияниям, водо- и грязеотталкивающие, высокое относительное удлинение и разрывная прочность, стойкие к гидравлическим жидкостям.

Благодаря своим характеристикам, а именно отличной стойкости к химическим веществам, данный кабель нашел применение в производстве промышленных печей, литейном производстве, химической промышленности и др.

Структура кабеля представляет собой:

- токопроводящие жилы - тонкие медные проволоки, покрытые никелем;
- изоляция жил - политетрафторэтилен (PTFE);
- общая скрутка жил;
- наружная оболочка - политетрафторэтилен(PTFE) черного цвета.

Выбранное кабельное изделие является представителем класса низковольтных кабелей, так как рассчитан на напряжение менее 1 кВ. Для такого рода кабелей в качестве токопроводящих жил в зависимости от рабочей температуры используют медные луженые, посеребренные и никелированные проволоки (для кабеля OLFLEX HEAT 260 MC 3Gx0,75 - медные никелированные). С целью обеспечения необходимого класса гибкости применяется общая скрутка жил.

В качестве материала, как для изоляции, так и для наружной оболочки, используют политетрафторэтилен (фторопласт-4). В виде сырья ПТФЭ представляет собой рыхлый волокнистый порошок, легко комкующийся и при прессовании при пониженных температурах дающий плотные и прочные таблетки. При нагревании фторопласт-4 не плавится, а только размягчается, и при температуре от 360 до 380°C таблетки из фторопласта-4 спекаются в плотную массу белого или сероватого цвета, слегка просвечивающую, а в тонких слоях - прозрачную. Поверхность фторопласта-4 скользкая, напоминающая на ощупь парафин.

Физико-механические свойства фторопласта представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Физико-механические характеристики ПТФЭ

Максимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	260
Минимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	-269
Температура разложения, °С	более 415
Теплопроводность, кал·10 ⁴ /(см·сек·°С)	5,9 - 6
Удельная теплоемкость, кал/(г·°С)	0,25
Водопоглощение за 24 часа, %	0,00
Предел прочности при растяжении, кг/см ² незакаленные образцы закаленные образцы	140 - 250
	160 - 315
Относительное удлинение при разрыве, %	250 - 500
Остаточное удлинение, %	250 - 350
Предел прочности при статическом изгибе, кг/см ²	110 - 140

Модуль упругости при изгибе, кг/см ² при +20°С при -60°С	4700 - 8500 13200 - 27800
Удельная ударная вязкость, кг/мм ²	100
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	более 10 ¹⁷ (до 10 ²⁰)
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	более 10 ¹⁷
Электрическая прочность при толщине 4 мм, кВ/мм	25 - 27
Горючесть	не горит

Исследования механических характеристик проводились при воздействии агрессивных сред в виде углеводородных жидкостей, поэтому первостепенным является вопрос о химической стойкости фторопласта-4.

ПТФЭ обладает уникальной химической стойкостью к большинству агрессивных сред. Это связано с высокой прочностью связи «углерод-фтор», которая является наибольшей из всех известных в органической химии связей углерода с элементами. ПТФЭ можно эксплуатировать в агрессивных средах при температурах от -269 до +260°С, причем верхний предел определяется не потерей стойкости к агрессивным средам, а снижением физико-механических свойств. При температуре выше 300°С фторопласт-4 набухает в некоторых веществах, что объясняется заполнением пор, всегда имеющихся в образцах полимера. Однако, ПТФЭ не выдерживает лишь воздействие расплавленных и растворенных щелочных металлов, трехфтористого хлора, газообразного фтора при 150°С и выше или при повышенном давлении. [4]



Рисунок 2.3 - Испытуемые образцы

Для исследования оболочки, выполненной из фторопласта-4, согласно [5], образцы выполнены в форме трубочек (рис. 2.3), поскольку размеры оболочки не позволяют использовать общепринятую форму

двусторонней лопатки. Образцы с внешними механическими повреждениями в проведении испытания не участвуют. Все внутренние конструктивные элементы при этом удаляются. Число испытываемых образцов равно пяти, если иное количество не нормируется в условиях, указанных в нормативной документации на конкретное кабельное изделие.

Кондиционирование проводится при температуре окружающей среды в соответствии с пунктом 9.1.3с ГОСТ IEC 60811-1-1-2011. Образцы перед определением сечения выдерживаются в течение не менее 3 ч при температуре $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ в отсутствие влияния прямого солнечного излучения.

2.4. Методика статической обработки результатов эксперимента

Аналогично проведению испытания, обработка результатов испытаний фторполимерной оболочки проводится в соответствии с пунктом 9.2.8 ГОСТ IEC 60811-1-1-2011. Прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве подсчитывают в соответствии с 7.3 и 7.4 настоящего стандарта. При этом прочностью при растяжении считается максимальное напряжение при растяжении образца при разрыве; относительное удлинение при разрыве - увеличение контрольной длины образца при разрыве по сравнению с контрольной длиной нерастянутого образца, выраженное в процентах.

Предел прочности на разрыв определяется:

$$\sigma = \frac{F_p}{S} \text{ МПа,} \quad (2.1)$$

где F_p - предельное значение приложенной нагрузки, при которой произошел разрыв, Н;

S - площадь поперечного сечения образца, мм^2 :

$$S = \pi \cdot (D_{\text{ж}} - h_{\text{об}}) \cdot h_{\text{об}}, \quad (2.2)$$

где $D_{\text{ж}}$ - диаметр жилы, мм;

$h_{об}$ - толщина оболочки, мм.

$$S = \pi \cdot (4,35 - 0,5) \cdot 0,5 = 6 \text{ мм}^2.$$

Относительное удлинение при разрыве определяется:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

где Δl - абсолютное удлинение образца, мм:

$$\Delta l = l_2 - l_1, \quad (2.4)$$

где l_2 - длина образца после приложения нагрузки, мм;

l_1 - длина образца до приложения нагрузки, мм.

Из рассчитанных значений предела прочности и относительного удлинения определяется медианное значение полученных результатов, которое находится в середине ряда значений.

3. Обсуждение результатов эксперимента

Результаты испытаний фторполимерной оболочки кабеля марки OLFLEX HEAT 260 MC 3Gx0,75 позволят решить одну из задач данного дипломного проекта, а именно разработать рекомендации по выбору наиболее устойчивых полимерных материалов к воздействию агрессивных сред. Чтобы наглядно обозначить заявленные преимущества фторопласта к воздействию углеводородных жидкостей перед другими наиболее часто встречающимися полимерными изоляционными материалами, воспользуемся ранее проведенными исследованиями оболочки кабеля марки ВВГнг(А)-LS, изготовленной из ПВХ-пластиката.

Результаты испытаний прочности на разрыв для фторопласта и ПВХ-пластиката, старение которых проводилось в дизельном топливе и трансформаторном масле, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Предел прочности на разрыв в зависимости от времени старения

Время старения, час	Предел прочности, МПа			
	Дизельное топливо		Трансформаторное масло	
	ПТФЭ	ПВХ	ПТФЭ	ПВХ
0	34,0	14,0	34,0	14,0
24	33,8	13,9	34,0	13,9
50	33,5	13,7	34,1	13,6
75	33,3	13,6	33,6	13,4
100	32,5	13,5	32,0	13,3
300	31,9	13,1	32,8	12,6
500	32,2	12,5	31,9	11,3
800	32,7	11,7	33,2	10,2
1000	32,9	10,2	33,2	9,9

График зависимости предела прочности от времени старения представлен на рисунке 3.1.

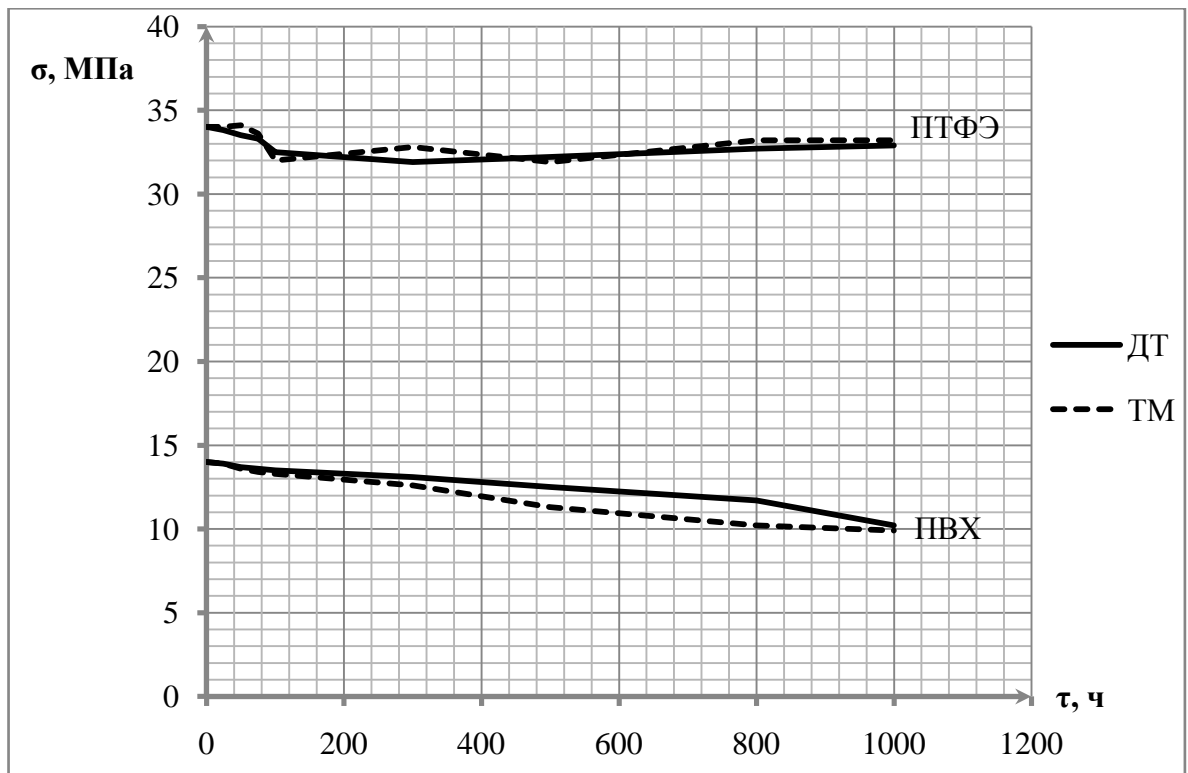


Рисунок 3.1 - Зависимость предела прочности σ от времени старения τ

Величина относительного удлинения образца при разрыве для фторопласта и ПВХ-пластиката, старение которых проводилось в дизельном топливе и трансформаторном масле, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Относительное удлинение при разрыве в зависимости от времени старения

Время старения, час	Относительное удлинение, %			
	Дизельное топливо		Трансформаторное масло	
	ПТФЭ	ПВХ	ПТФЭ	ПВХ
0	393,5	150	393,5	150
24	395,0	148	400,0	148
50	400,0	147	404,5	147
75	402,5	145	406,5	146
100	389,5	143	396,5	145
300	398,5	139	391,5	141
500	401,5	134	398,0	135
800	404,0	129	400,5	130
1000	395,5	126	398,5	128

График зависимости относительного удлинения от времени старения представлен на рисунке 3.2.

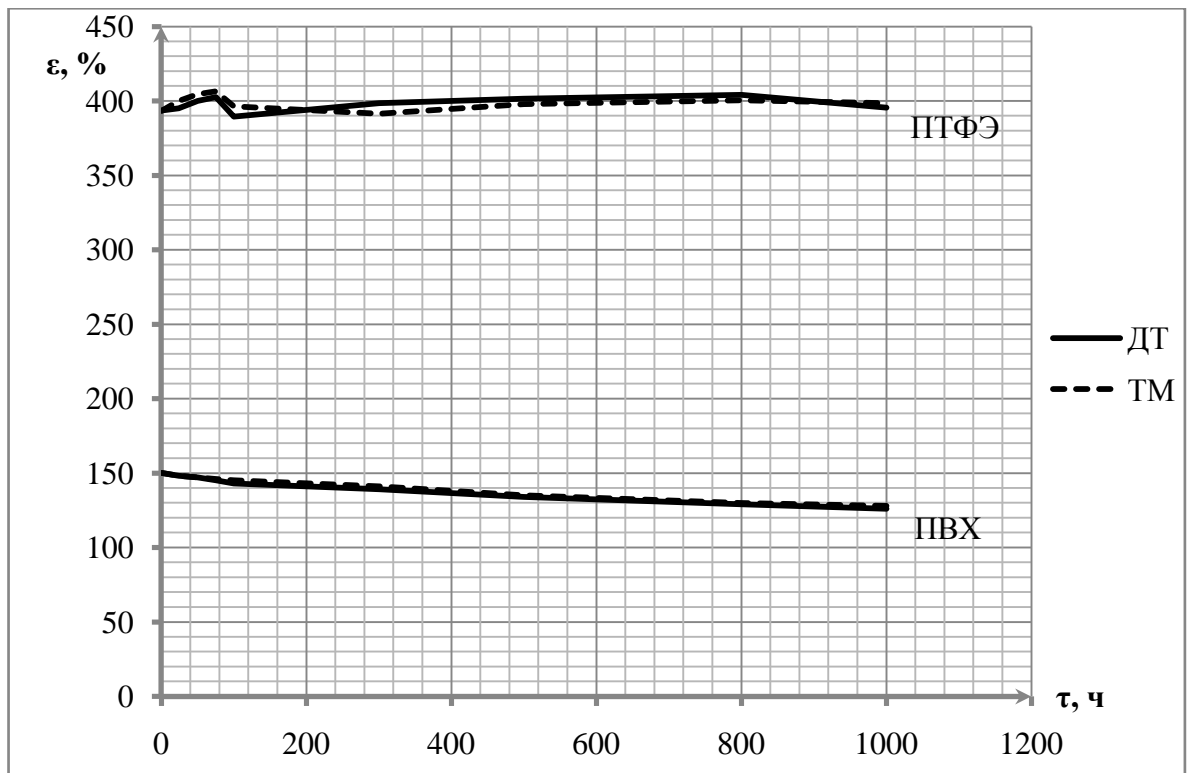


Рисунок 3.2 - Зависимость относительного удлинения ϵ от времени старения τ

Предел прочности для кабеля с оболочкой из ПВХ-пластиката имеет убывающий характер, причем скорость изменения при различных углеводородных жидкостях неодинакова: при погружении в трансформаторное масло наблюдаемые изменения больше, чем при воздействии дизельного топлива. Относительное значение изменения предела прочности в трансформаторном масле составило 29,3%, в дизельном топливе – 27,1%. В абсолютных единицах изменение в трансформаторном масле составило 4,1 МПа, в дизельном топливе – 3,8 МПа.

Уменьшение предела прочности при сорбции полимера может быть вызвано двумя причинами. Во-первых, возникновением внутренних напряжений вследствие неравномерного набухания. В результате при определенной степени набухания в полимерном материале могут образовываться внутренние дефекты, трещины и микротрещины. Во-вторых, прочность может изменяться из-за уменьшения энергии межмолекулярных взаимодействий.

Предел прочности для кабеля с оболочкой из фторопласта имеет неизменный характер. Относительное значение изменения предела прочности в трансформаторном масле составило 2,4%, в дизельном топливе – 3,2%. В абсолютных единицах изменение в трансформаторном масле составило 0,8 МПа, в дизельном топливе – 1,1 МПа.

Стойкость фторопласта к воздействию углеводородных жидкостей объясняется высоким значением энергии связи «углерод-фтор», спецификой строения макромолекул полимера, выражающейся в том, что атомы фтора полностью «экранируют» углеродный скелет макромолекул.

Изменение относительного удлинения для кабеля с оболочкой из ПВХ-пластиката имеет убывающий характер, причем в течение всего периода старения. Это можно объяснить тем, что, с одной стороны, происходит вымывание пластификатора путем его замещения молекулами жидкости. А с другой стороны, имеет место уменьшение сил межмолекулярных взаимодействий. Относительное значение изменения предела прочности в трансформаторном масле составило 14,7%, в дизельном топливе – 16%.

Относительное удлинение фторполимерной оболочки, аналогично пределу прочности, имеет неизменный характер. Это также связано с высоким значением энергии связи С-Ф. Относительное значение изменения предела прочности в трансформаторном масле составило 1,3%, в дизельном топливе – 0,5%.

В связи с характером изменений предела прочности и относительного удлинения для ПВХ-пластиката и фторопласта, можно сделать вывод, что фторполимер более устойчив к воздействию агрессивных сред.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является обоснование целесообразного использования технического проекта, выполняемого в рамках выпускной квалификационной работы, при этом детально рассматриваются планово-временные и материальные показатели процесса проектирования. [6]

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Составление SWOT-анализа работы и эксплуатации ремонтно-механического цеха ферросплавного завода
- Планирование технико-конструкторских работ
- Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

4.1. SWOT-анализ научного исследования

SWOT-анализ представляет собой метод анализа планирования производственной или научной деятельности, разделяющий факторы или явления на следующие категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы), и состоящий из нескольких этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Собственная научная и производственная база для исследований.</p> <p>С2. Соответствие материала необходимым техническим характеристикам.</p> <p>С3. Доработка недостающей информации о характеристиках исследуемого типа материала.</p> <p>С4. Квалифицированный производственный персонал.</p>	<p>Сл1. Затраты времени на проведение испытаний.</p> <p>Сл2. Дороговизна используемого материала по сравнению с аналогами.</p> <p>Сл3. Высокие требования к характеристикам исследуемого материала.</p> <p>Сл4. Необходимость сравнительного анализа характеристик.</p>
Возможности:		
<p>В1. Увеличение срока службы исследуемого объекта.</p>	В1С2С3С4;	В1Сл3;
<p>В2. Использование продукта в агрессивных условиях эксплуатации.</p>	В2С1С2;	В2Сл2Сл3Сл4;
<p>В3. Создание методики оценки ресурса кабельных изделий в исследуемых условиях.</p>	В3С1С2С3;	В3Сл1Сл2Сл4;
Угрозы:		
<p>У1. Отсутствие спроса на материал</p>	У1С2С3;	У1Сл2Сл3;
<p>У2. Введение дополнительных требований к материалу</p>	У2С1С2С3;	У2Сл1Сл2Сл3;
<p>У3. Угрозы выхода из строя оборудования на основе исследуемого материала</p>	У3С2С3;	У3Сл2Сл3.

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+,-) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие).

Таблица 4.2 - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4
	В1	-	+	+	+
	В2	+	+	-	-
	В3	+	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	+	-
	В2	-	+	+	+
	В3	+	+	-	+

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 4.2 и 4.3, показывает, что число сильных сторон у проекта количественно равно числу слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Однако, если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Что касается угроз, то влияние на сильные и слабые стороны одинаково.

4.2. Планирование научно-исследовательской работы

Планирование комплекса работ по научному исследованию состоит из нескольких этапов:

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

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения выпускной квалификационной работы требуются исполнители в лице научного руководителя (НР) и студента-дипломника (СД). Также определяется перечень этапов в рамках исследования. Соотношение этапов и исполнителей приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор научной и технической литературы	Студент-дипломник
Проведение испытаний исследуемого объекта	3	Заготовка образцов исследуемого материала	Студент-дипломник
	4	Определение условий испытания	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Испытания образцов в соответствующих условиях	Студент-дипломник, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Студент-дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по научному исследованию	7	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
	8	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель

Сдача выпускной квалификационной работы	9	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник , Научный руководитель
	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях на основе ряда вероятностных оценок, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов, и рассчитывается следующим образом:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{min\ i} + 2 \cdot t_{max\ i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, \quad (4.2)$$

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

$t_{ожі}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

Рассчитанные значения трудоемкости и продолжительности работы для выбранных исполнителей приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел.-дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		t_{\min}		t_{\max}		$t_{ож}$		НР	СД
		НР	СД	НР	СД	НР	СД		
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1	-
2	Обзор научной и технической литературы	-	7	-	14	-	9,8	-	10
3	Заготовка образцов исследуемого материала	-	1	-	2	-	1,4	-	1
4	Определение условий испытания	1	1	3	3	1,8	1,8	2	2
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	42	42	50	50	45,2	45,2	45	45
6	Оценка результатов исследования	1	3	3	5	1,8	3,8	2	4
7	Составление пояснительной записки	-	4	-	8	-	5,6	-	6
8	Проверка выпускной квалификационной работы	1	-	3	-	1,8	-	2	-
9	Подготовка к защите ВКР	2	2	5	5	3,2	3,2	3	3
10	Защита ВКР	-	1	-	1	-	1	-	1

Примечание: минимальное t_{\min} и максимальное время t_{\max} получены на основе экспертных оценок.

4.2.3. Разработка графика проведения технического проекта

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта, с разбивкой по месяцам и декадам за период времени подготовки ВКР. На основе таблицы 4.5 строим план-график проведения работ (таблица 4.6).

Таблица 4.6 - Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	Трi, раб.дн.	Продолжительность выполнения работ, раб. дн.																								
				3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
1	Составление и утверждение технического задания	НР	1	■																								
2	Обзор научной и технической литературы	СД	10	■	■	■	■	■	■	■																		
3	Заготовка образцов исследуемого материала	СД	1						■																			
4	Определение условий испытания	НР	2						■	■																		
		СД	2						■	■																		
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	НР	45																									
		СД	45																									
6	Оценка результатов исследования	НР	2																									
		СД	4																				■	■				
7	Составление пояснительной записки	СД	6																									
8	Проверка выпускной квалификационной работы	НР	2																									
9	Подготовка к защите ВКР	НР	3																									
		СД	3																									
10	Защита ВКР	СД	1																									

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает порядка 2 месяцев. Продолжительность выполнения технического проекта составит 75 дней. Из них для каждого в отдельности:

- 72 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 55 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

4.3. Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

- материальные затраты;
- полная заработная плата исполнителей технического проекта;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат

К материальным расходам относятся расходы на сырье и материалы для производства товаров, инструменты, приспособления, инвентарь, приборы, лабораторное оборудование и другие.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (4.3)$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию, ед.;

C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов, руб./ед.;

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Кабель OLFLEX HEAT 260 MC	10	842	9683
Кабель ВВГнг(А)-LS	10	21	242
Трансформаторное масло	3	60	207
Дизельное топливо	3	30	104
Кусачки	1	200	230
Бокорезы	1	500	575
Перчатки	1	30	35
Маркер	1	60	69
Линейка	1	20	23
Бумага	1	250	288
Ручка	2	15	35
<i>Итого</i>			<i>11490</i>

4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату и определяется как:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.4)$$

где $Z_{\text{осн}}$ - основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ - дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата исполнителя рассчитывается, исходя из трудоемкости работ и квалифицированных исполнителей по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.5)$$

где $Z_{\text{дн}}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.;

T_p - продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{тс}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{\text{доп}}$ - доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{\text{р.к.}}$ - районная доплата, руб.;

$F_{\text{д}}$ - количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$Z_{\text{доп}}$, руб.	$Z_{\text{р.к.}}$, руб.	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	17000	2550	5865	25415	1155	55	63525
Студент-дипломник	2600	390	897	3887	177	72	12744
<i>Итого</i>							76269

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.7)$$

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн. руб.}}$	$Z_{\text{доп. руб.}}$	$Z_{\text{полн. руб.}}$
Научный руководитель	0,15	63525	9529	74054
Студент-дипломник	0,12	12744	1529	14273
<i>Итого</i>		76269	3894	88327

4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{полн}}, \quad (4.8)$$

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

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 88327 = 26675 \text{ руб.}$$

4.3.4. Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = \sum Z \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.9)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

4.3.5. Формирование сметы затрат технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при заключении договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции.

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	11,5	7,6
Затраты на оплату труда	88,3	58,7
Отчисления во внебюджетные фонды	26,7	17,7
Накладные расходы	24,1	16,0
<i>Итого</i>	<i>150,6</i>	<i>100,0</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 150,6 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 75 рабочих дней.

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.10)$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

b_i - балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к исследуемому изоляционному материалу и готовому кабельному изделию:

1. Стойкость - одно из свойств полимера, характеризующее возможность изменения его характеристик при воздействии внешних факторов.
2. Безотказность - это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.
3. Негорючесть - это комплексная характеристика материала или конструкции кабельного изделия противостоять возгоранию и распространению процесса горения.
4. Эластичность - это свойство полимерного тела восстанавливать свою форму и размеры после прекращения действия внешних сил.
5. Дешевизна - низкий уровень цен на используемые в конструкции материалы.
6. Экологичность - это свойство, характеризующее безопасное влияние на окружающую среду при обработке или переработке материала.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1. Стойкость	0,20	5
2. Безотказность	0,22	5
3. Негорючесть	0,15	4
4. Эластичность	0,18	4
5. Дешевизна	0,10	3
6. Экологичность	0,15	5
<i>Итого</i>	<i>1,00</i>	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 = 4,47$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы стойкости и безотказности позволяют судить о надежности используемого материала.

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны проекта больше, чем на слабые, когда количество сильных и слабых сторон одинаково;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 150,6 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,47 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

5. Социальная ответственность

В рамках дипломного проекта были проведены исследования стойкости фторполимерной оболочки к воздействию углеводородных жидкостей, в качестве которых использовались трансформаторное масло и дизельное топливо.

Эксперименты проводились в лаборатории НИНИЦ ООО «Томсккабель» в следующей последовательности:

- 1) Подготовка образцов для испытаний на старение в агрессивной среде (трансформаторное масло, дизельное топливо);
- 2) Испытание образцов в исходном состоянии;
- 3) Старение образцов при различном времени воздействия агрессивной жидкости;
- 4) Испытание образцов после старения.

Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование:

- шарнирно-губцевый инструмент (бокоре́зы – для нарезки образцов необходимой длины; кусачки – для извлечения внутренних элементов конструкции кабеля);
- разрывная машина для определения механических характеристик.

5.1. Анализ вредных факторов

Существует ряд факторов, которые могут привести к опасности для здоровья во время проведения работ в исследовательских лабораториях. Данные факторы могут привести к возникновению несчастных случаев, профессиональных заболеваний, а также пожаров и взрывов. Поэтому для правильной организации работ по борьбе с травматизмом, профессиональными и общими заболеваниями рассмотрим вопросы охраны труда на рабочем месте.

Основные вредные факторы:

- испарение летучих продуктов;
- отклонение параметров микроклимата;
- повышенный уровень шума;
- недостаточная освещенность.

Влияние указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению трудоспособности, вызванные переутомлением, что приводит к развитию профессиональных заболеваний.

Рассмотрим нормы, предъявляемые к выявленным факторам, и их способы реализации.

Основные опасные факторы:

- механическая опасность (работа с режущими инструментами);
- поражение электрическим током (при соприкосновении с токоведущими частями установки);
- вероятность пожара.

Вредные вещества

В процессе проведения исследований одним из основных вредных факторов является испарение летучих продуктов из агрессивной среды. Испаренные летучие продукты могут нанести вред здоровью человека. Согласно [8] по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й - вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й - вещества высокоопасные;
- 3-й - вещества умеренно опасные;
- 4-й - вещества малоопасные.

Дизельное топливо и трансформаторное масло относятся к малотоксичным веществам 4-го класса опасности [9,10]. Предельно

допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны для вредных веществ 4-го класса – более 10 мг/м³.

Для устранения или уменьшения воздействия данного вредного фактора в лаборатории производится вентиляция помещения. Так как в здании изначально не было отведено места для установки искусственной вентиляции (воздуховодов), то помещение проветривается естественным способом, т.е. открывается окно на некоторое время в отсутствие рабочего персонала. Для увеличения эффекта вентиляции необходимо установить вытяжку с вентилятором (принудительная вентиляция).

Микроклимат

Важную роль для здоровья человека играет состояние окружающей среды, метеорологические условия или микроклимат на производстве (в лаборатории).

Микроклимат определяют следующие параметры:

- температура воздуха в помещении, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- подвижность воздуха, м/с;
- тепловое излучение, Вт/м.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека и определяются согласно [13]. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Температура воздуха является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия. Температура воздуха в

помещении зависит, в основном от производственного процесса, при осуществлении которого, выделяется тепло. Экспериментальные работы, которые проводились в лаборатории, можно отнести к категории легкой физической работы Iб (производство, сидя, стоя, не требует систематического физического напряжения). Оптимальная температура воздуха в холодный период года составляет $(21 \div 23)^\circ\text{C}$, в теплый период не более $(22 \div 24)^\circ\text{C}$. Для поддержания данной температуры воздуха в холодный период времени предусмотрены батареи центрального отопления.

Влажность воздуха влияет на теплообмен в организме человека, затрудняя или облегчая теплообмен организма с окружающей средой. Оптимальная норма относительной влажности должна составлять $(40 \div 60)\%$, что соответствует условиям метеорологического комфорта при покое или легкой физической работе.

В производственных условиях подвижность воздуха создается конвекционными потоками воздуха, которые возникают в результате проникновения в помещение холодных масс воздуха, либо за счет разности температур в смежных участках производственных помещений, а также создается искусственно работой вентиляционных систем. Для холодного и теплого периодов оптимальная величина скорости движения воздуха составляет $0,1$ м/с.

Все оптимальные условия микроклимата в исследовательской лаборатории НИНИЦ ООО «Томсккабель» соблюдены, поэтому дополнительные мероприятия, направленные на улучшение условий, не требуются.

Шум

С физиологической точки зрения шум рассматривают как звук, мешающий разговорной речи и негативно влияющий на здоровье человека.

Шумы в рассматриваемом помещении возникают как от внутренних источников, так и от внешних раздражителей. К внутренним источникам мы относим технику и вентиляционное оборудование. Используемая в процессе проведения исследования техника производит мало шума, поэтому в помещении достаточно использовать звукопоглощение. Чтобы уменьшить шум, который проникает в помещение извне, достаточно установить уплотнение по периметру притворов окон и дверей. Для персонала, осуществляющего работающего при легкой физической нагрузке и напряженности легкой степени эквивалентный уровень звука не должен превышать 80 дБА в соответствии с [14].

Освещение на рабочем месте

Правильно организованное освещение рабочего места обеспечивает сохранность зрения и нормальное состояние нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность и качество продукции также зависят от освещения. На рабочем месте освещение должно быть таким, чтобы работник мог без напряжения зрения выполнять свою работу. Усталость органов зрения зависит от таких факторов, как недостаток света, чрезмерная освещенность, неправильное направление света.

Выполняемая работа относится к классу «малой точности». Согласно [17] для освещения промышленных предприятий регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест – 200 Лк.

Для обеспечения нормативной освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, при котором естественное дополняется искусственным. Искусственное освещение осуществляется с помощью электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Использование энергосберегающих ламп, по сравнению с лампами накаливания, имеет существенные преимущества:

- по спектральному составу света они близки к дневному;

- высокая светоотдача (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- высокий КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);
- больше длительный срок службы.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

$H = 3,2$ – высота помещения, м;

$h_c = 0,2$ – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

$h_{\text{п}} = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса, м;

$h_p = 0,8$ – высота рабочей поверхности над полом, м;

$h = h_{\text{п}} - h_c$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = H - h_p - h_c = 3,2 - 0,8 - 0,2 = 2,2 \text{ м.} \quad (5.1)$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{48}{2,2 \cdot (8+6)} = 1,56, \quad (5.2)$$

где A - длина помещения, м;

B - ширина помещения, м;

S - площадь освещаемого помещения:

$$S = A \cdot B = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м}^2. \quad (5.3)$$

По значению i выбираются коэффициент использования освещенности, $\eta = 0,46$ для светильника типа ШОД, с учетом того, что помещение имеет свежепобеленный потолок ($p_n = 70 \%$), свежепобеленные с окнами без штор ($p_c = 50 \%$).

Разрабатывается план помещения и размещение светильников:

где L - расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (A) и ширине (B) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B), м;

l - расстояние от крайних светильников или рядов до стены, м.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$.

Светильник ШОД имеет габаритные размеры 1530x284x155 мм.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,2 = 2,64 \text{ м}, \quad (5.4)$$

где $\lambda = 1,2$ - интегральный критерий оптимальности расположения светильников для светильника типа ШОД с защитной решеткой.

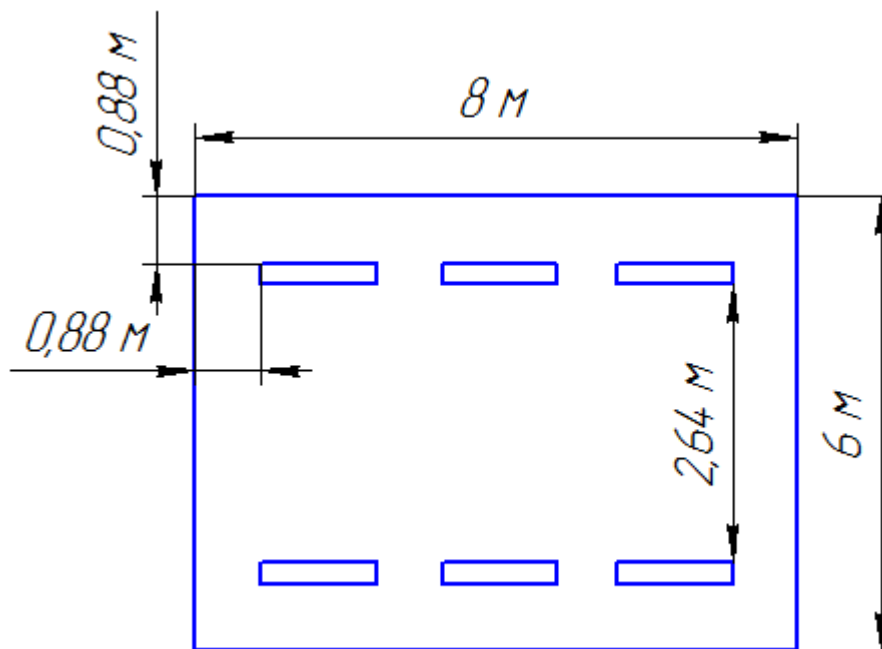


Рисунок 5.1 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Исходя из плана помещения и размещения светильников получается количество светильников равным $n = 6$ (2 ряда светильников по 3 светильника в длину).

$$F = \frac{E_n \cdot K \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 48 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,46} = 5340 \text{ Лм},$$

где $E_n = 200$ - нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95,
Лк;

$K = 1,5$ - коэффициент запаса для помещения с малым выделением пыли;

$Z = 1,1$ - коэффициент неравномерности освещения для люминесцентных ламп.

По световому потоку выбираем люминесцентную лампу ЛБ-80.

Мощность всей осветительной системы:

$$P = 12 \cdot 80 = 960 \text{ Вт.} \quad (5.5)$$

5.2. Анализ опасных факторов

Электробезопасность

Опасное и вредное воздействие на людей электрическим током, электрической дугой и электромагнитным полем проявляется в виде электротравм и профессиональных заболеваний. Степень вредного и опасного воздействия на человека электрического тока и электрической дуги зависит от:

- величины и рода тока и напряжения;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека.

Мерами, обеспечивающими безопасность при нормальном состоянии электрооборудования, является недоступность и рабочая изоляция токоведущих частей, защитное разделение сетей и малые напряжения.

К дополнительным мерам, устраняющим опасность при появлении напряжения на токоведущих частях, относится защитное заземление, защитное отключение, выравнивание потенциалов и двойная изоляция.

Выбор комплекса мер защиты, электротехнических средств и защитных мероприятий определяется видом электроустановки, величиной применяемого напряжения, условиями помещения, в котором расположена электроустановка и т.п.

Производственные помещения по степени опасности поражения людей электрическим током в соответствии с [11] подразделяется на три категории. Лаборатория НИИЦ ООО «Томсккабель» относится к третьей категории, т.е. к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие «повышенную опасность» и «особую опасность».

Пожаробезопасность

Пожарная безопасность означает состояние объекта или производственного процесса, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей. Пожарная безопасность осуществляется за счет систем предотвращения пожара, организационными и организационно-техническими мероприятиями.

По степени пожарной опасности, согласно [16], лабораторию можно отнести к категории В, так как в ней ведутся работы с применением твердых сгораемых материалов с температурой воспламенения свыше 120°C.

В лаборатории, где проводились исследования, причины пожара могут носить электрический и неэлектрический характер.

Причины электрического характера:

- а) короткое замыкание;
- б) перегрузки;
- в) электрические дуги, искры, возникающие в результате ошибочных операций с коммутационной аппаратурой;
- г) плохие контакты в местах соединения проводников.

Причины неэлектрического характера:

- а) неосторожное обращение с огнем;
- б) неисправность отопительных приборов или нарушение режима их работы;
- в) самовоспламенение некоторых материалов.

Пожарная безопасность в лаборатории достигается комплексом профилактических мероприятий, включающих в себя организационные и технические мероприятия.

К организационным мероприятиям относятся:

1. Проведение инструктажа.
2. Профилактический осмотр оборудования на предмет пожароопасности.
3. Соблюдение чистоты и порядка в лаборатории.
4. Вывешивание предупредительных плакатов, которые предостерегают о возможности возникновения пожара при несоблюдении правил санитарии.
5. Обучение сотрудников способам и приемам ликвидации пожара.

К техническим мероприятиям относятся:

1. Защита установок от перегрузок и коротких замыканий.
2. Покрытие легковоспламеняющихся предметов огнеупорным покровом.

По окончании работы в лаборатории сотрудник уходящий последним, обязан:

- а) выключить прибор из сети;
- б) выключить рубильник;
- в) выключить освещение.

В лаборатории НИНИЦ ООО «Томсккабель» на случай пожара находится огнетушитель ОУ-8, предназначенный для тушения пожаров на электрических установках или оборудовании под напряжением. Пенный огнетушитель ОХЛ-10 предназначен для тушения огня в тех местах, где нет напряжения.

Для своевременной ликвидации элементов возгорания используют световые, тепловые и дымовые датчики, реагирующие на наличие того или иного фактора.

Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям на судне обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту.

Перед началом работ в исследовательской лаборатории был пройден инструктаж (вводный и на рабочем месте). При выполнении дипломной работы по оценке стойкости оболочки, выполненной из фторопластов, к действию агрессивной среды, основной причиной поражения электрическим током может послужить прикосновение к блоку управления в момент испытаний образцов. Для устранения данных факторов предусмотрены следующие меры:

- высоковольтная ячейка снабжена блокировкой, штепсельным разъемом для видимого разрыва цепи;
- электрическая проводка скрыта от случайного прикосновения.

Зануление

Защитное зануление в электроустановках напряжением до 1 кВ - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Зануление применяется в четырехпроводных сетях напряжением до 1000 В с заземленной нейтралью.

При занулении корпуса электрооборудования соединяются не с заземлителями, а с нулевым проводом.

Принцип действия: зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита и селективно отключает поврежденный участок сети. Кроме того, зануление снижает потенциалы корпусов, появляющиеся в момент замыкания на землю. При замыкании на зануленный корпус ток короткого замыкания проходит через обмотки трансформатора, фазный провод и нулевой провод.

5.3. Охрана окружающей среды

Фторопласт очень устойчив и инертен в обычных условиях. Он не вступает в реакцию с пищей, водой и бытовой химией. При попадании в организм полимер абсолютно безвреден. Считается, что фторопласт потенциально биологически опасен в двух случаях: во время производства и во время перегрева готового полимера. В процессе производства фторопласта используются токсичные и канцерогенные вещества, которые могут попадать в окружающую среду, как при утечках, так и в виде производственного загрязнения готового продукта. Продукты термического разложения фторопласта токсичны. Среди таких продуктов самым опасным считается перфторизобутилен — крайне ядовитый газ, который примерно в 10 раз токсичнее фосгена.

Процесс исследования также может иметь влияние на окружающую среду, как и объект исследования. Но в данном случае, негативные последствия могут быть вызваны только при возникновении пожара. В этом случае произойдет выброс продуктов горения за пределы производственного помещения. Помимо продуктов термического разложения используемого полимера, согласно [7] среди продуктов горения, негативно сказывающихся на экологии окружающей среды, имеют место углекислый газ (более 0,11

кг/м³), угарный газ (более $1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³), соляная кислота (более $23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³) и другие.

При отсутствии аварийной ситуации, приводящей к выбросу продуктов термического разложения, также существуют следующие виды отходов, которые могут нанести вред окружающей среде:

- сброс сточных вод;
- твердые отходы.

Безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий. Это комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня.

5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях

Согласно [12] потенциальная угроза жизни и здоровью населения в ЧС может реализоваться вследствие высвобождения в природную среду обитания человека больших количеств сконцентрированной энергии, опасных и вредных для жизни и здоровья людей веществ и агентов.

В связи с этим, мероприятия по защите должны осуществляться в объемах, обеспечивающих не превышение допустимого нормативного воздействия на людей реализовавшихся поражающих факторов. Если в силу складывающихся обстоятельств установленные нормативы допустимых опасных воздействий могут быть превышены, мероприятия по защите людей надлежит проводить по направлениям и в масштабах, позволяющих максимально ослабить это воздействие.

Основные причины чрезвычайных ситуаций:

- влияние внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металлов, конструкций, сооружений и снижению их физико-математических показателей;
- результаты стихийных бедствий и особо опасных инфекций;
- воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений (нагрузки, скорости, температуры, вибрации);
- производственные дефекты сооружений (ошибки при исследовании и проектировании, плохое выполнение строительных работ, плохого качества строительных материалов и конструкций, нарушения в технологии изготовления и строительства);
- нарушение правил безопасности при ведении работ и технологических процессов;
- ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и специалистов и их некомпетентностью и безответственностью, и т. д.

Одним из условий быстрой ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций является соблюдение общественного порядка. Персонал, находящийся на территории предприятия должен проявлять высокую дисциплину, организованность, спокойствие, не поддаваться панике.

Для ликвидации последствий ЧС созданы следующие службы:

- оповещения и связи;
- противорадиационной и противохимической защиты;
- медицинская;
- аварийно-техническая;
- охраны общественного порядка.

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.1.004-91. "Пожарная безопасность. Общие требования".

2. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
3. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.
4. ГОСТ 982-80. Масла трансформаторные. Технические условия.
5. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
6. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
7. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
8. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
9. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
10. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
11. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были исследованы образцы кабельных изделий, оболочка которых выполнена из ПВХ-пластиката и Фторопласта-4. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее устойчивым полимерным материалом является фторполимер. Поэтому использование фторопласта в качестве изоляционного материала для кабельных изделий, работающих в условиях агрессивных сред, целесообразнее.

Что касается экономической стороны исследования, то в работе были рассчитаны необходимые затраты, включающие материальные затраты, накладные расходы, затраты на оплату труда и отчисления во внебюджетные фонды. Также было проведено планирование данной работы и построен линейный график работ (диаграмма Ганта), который позволил наглядно представить продолжительность всей дипломной работы.

В разделе социальной ответственности был проведен анализ опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть при выполнении экспериментальной части работы, были разработаны мероприятия по пожарной безопасности, производственной санитарии и охране окружающей среды, а также был произведен расчет искусственного освещения.

Список использованных источников

1. ГОСТ 25018-81. Кабели, провода и шнуры. Методы определения механических показателей изоляции и оболочки.
2. Анкудинова И.А. Химия: Учебное пособие [Электронный ресурс] http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/538/38538/16316?p_page=6
3. ГОСТ ИЕС 60811-2-1-2011. Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Часть 2-1. Специальные методы испытаний эластомерных композиций. Испытания на озоностойкость, тепловую деформацию и маслостойкость.
4. Паншин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. - Л.: Химия, 1978. - 229 с.
5. ГОСТ ИЕС 60811-1-1-2011. Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Измерение толщины и наружных размеров. Методы определения механических свойств.
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебно-методическое пособие / Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. - М.: Издательство ТПУ, 2014. - 36 с.
7. ГОСТ 12.1.004-91. "Пожарная безопасность. Общие требования".
8. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
9. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.
10. ГОСТ 982-80. Масла трансформаторные. Технические условия.
11. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
12. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

13. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
14. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
15. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
16. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
17. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.