

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
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

УДК 621.315.221-02:665.73/.76

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Ермаков Сергей Константинович		

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
Ассистент	Грахова Елена Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков Владимир Николаевич	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
5Г3В	Ермаков Сергей Константинович

Тема работы:

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБОЛОЧКИ КАБЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.12.2016 №10915/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2017
--	------------

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	Грахова Елена Александровна
Социальная ответственность	Извеков Владимир Николаевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	27.10.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Матери Татьяна Михайловна			27.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Ермаков Сергей Константинович		27.10.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г3В	Ермаков Сергей Константинович

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
Ассистент	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г3В	Ермаков Сергей Константинович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Ермаков Сергей Константинович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Оценка влияния углеводородных жидкостей на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Вредные вещества;</i> – <i>Микроклимат в помещении;</i> – <i>Шум;</i> – <i>Освещение рабочей зоны.</i> – <i>Электробезопасность;</i> – <i>Пожаробезопасность;</i>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Анализ объекта воздействия на атмосферу;</i> – <i>Выброс отходов.</i>

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>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.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Перечень законодательных и нормативных документов.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Извеков В.Н.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Ермаков Сергей Константинович		

Реферат

Дипломная работа содержит 83 страницы текстового материала, 28 таблиц, 13 рисунков, 26 использованных источников. Графики и таблицы составлялись в графическо-расчетной программе ОС Windows Microsoft Excel, оформление текстового документа производилось в программе ОС Windows Microsoft Word.

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

Тема: Оценка влияния углеводородных жидкостей на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий.

В процессе выполнения выпускной дипломной работы был проведен литературный обзор по данной теме. В работе были рассмотрены следующие вопросы: материалы, применяемые для изготовления низковольтных кабельных изделий, существующие конструкции маслостойких низковольтных кабельных изделий, физико-химические процессы, протекающие в полимере при воздействии углеводородов. Также были определены методики проведения старения полимерной оболочки кабельного изделия и испытаний для выявления изменений их физико-механических свойств, а также методика обработки результатов.

В результате проделанной работы были получены зависимости предела прочности, величины сорбции и относительного удлинения, при разрыве полимерной оболочки кабельного изделия от времени старения в жидких агрессивных средах при температуре окружающей среды. На основании полученных и проанализированных 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

СПЭ – сшитый полиэтилен;

ПЭНП - полиэтилен низкой плотности;

ПВХ - поливинилхлорид;

ПЭ - полиэтилен;

ПТФЭ - политетрафторэтилен;

ТЭП - термоэластопласт.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	10
1. Обзор литературы.....	12
1.1. Материалы, применяемые для изготовления низковольтных кабельных изделий	12
1.2. Существующие конструкции маслостойких низковольтных кабельных изделий	21
1.3. Физико-химические процессы, протекающие в полимере при воздействии углеводородов	24
2. Методическая часть	266
2.1. Методика проведения старения в агрессивной жидкости	266
2.2. Методика проведения испытаний механических свойств.....	277
2.3. Подготовка образцов	288
2.4. Методика статической обработки результатов эксперимента	333
3. Обсуждение результатов эксперимента.....	355
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	44
4.1. SWOT-анализ научного исследования	44
4.2. Планирование научно-исследовательской работы.....	47
4.3. Составление сметы затрат на разработку ТП.....	52
4.4. Определение ресурсоэффективности проекта	56
5. Социальная ответственность	58
5.1. Анализ вредных факторов.....	59
5.2. Анализ опасных факторов.....	67
5.3. Экологическая безопасность	73
5.4. Защита в чрезвычайных ситуациях	74
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
Список использованных источников	82

ВВЕДЕНИЕ

Низковольтные кабельные изделия эксплуатируются в условиях, когда оболочка подвергается воздействию агрессивных сред. Важным фактором старения для низковольтных кабельных изделий эксплуатируемых на производстве и транспорте является воздействие жидких углеводородов (трансформаторное масло, дизельное топлива), являющиеся агрессивной средой. Наибольшая часть срока службы кабельного изделия напрямую зависит от способности материала оболочки противостоять воздействию этих жидкостей.

В настоящее время информации о стойкости типов материалов, выбранных в данной работе, к воздействию агрессивных сред недостаточно. Следовательно, актуальность данной дипломной работы заключается в исследовании маслостойкости полимерных материалов и разработке рекомендаций по выбору наилучше устойчивых полимерных материалов к влиянию углеводородных жидкостей в течение длительного времени.

Среди материалов, имеющих повышенную стойкость к агрессивным средам, имеют место такие материалы как ПВХ-пластикаты, ТЭП и полиуретан. Они являются менее подверженными к воздействию агрессивных жидкостей, в отличие от других наиболее часто встречающихся в кабельном производстве полимерных материалов. В связи с тем, что информации о их стойкости к агрессивным средам недостаточно, целью данной дипломной работы является оценка влияния углеводородных жидкостей на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий.

Целью работы является исследование стойкости полимерных материалов оболочки кабельных изделий к воздействию углеводородных жидкостей.

Основные задачи, которые необходимо будет решить в данной работе:

1. Изучение стандартных методов определения устойчивости кабельных изделий к воздействию агрессивных сред.
2. Объяснение 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 (ТЭП, ПВХ-пластикат, полиуретан) в агрессивной среде.
5. Исследование зависимостей изменения физико-механических характеристик оболочки кабельных изделий от типа агрессивной среды и времени старения.
6. Обработка результатов и проведение сравнительного анализа.
7. Разработка рекомендаций по выбору полимерных материалов для оболочки кабельных изделий, наиболее устойчивых к старению в агрессивных средах.

Для решения поставленных задач были выбраны в качестве объектов исследования кабели с оболочками из ТЭП, ПВХ-пластиката и полиуретана.

1. Обзор литературы

1.1 Материалы, применяемые для изготовления низковольтных кабельных изделий

В кабельном производстве применяются различные материалы, предназначенные для изолирования токопроводящих элементов конструкции. Основными требованиями, предъявляемыми к изоляции кабелей и проводов, являются: со стороны токопроводящих элементов – не проводить ток, со стороны окружающей среды – защищать внутренние конструктивные элементы от внешних воздействий. В качестве таких материалов используются резины, поливинилхлорид, полиэтилен, фторопласт или термоэластопласты. Свойства последних двух в отличие от других материалов малоизучены. Но процент использования в кабельной промышленности в качестве изоляционного материала возрастает с каждым годом.

ПВХ (поливинилхлорид) пластикаты

Поливинилхлорид – бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида. Имеет химическую формулу: $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$. Международное обозначение — PVC. Получается эмульсионной или суспензионной полимеризацией винилхлорида и полимеризацией в массе. Физико-химическими свойствами ПВХ являются (табл.1):

Таблица 1 – Характеристики ПВХ

Свойства полимера		Величина
Плотность, кг/м ³		1350-1430
Морозостойкость, °С		-15
Нагревостойкость, °С		66
Теплопроводность, Вт/м·К		0,159
Разрушающее напряжение, МПа	Растяжение	40-50
	Сжатие	10-12
	Изгиб	80-120
Температура, °С	Плавление	150-220
	Стеклование	75-80 (до 105 для теплостойких марок)

Также материал трудногорюч, так как содержит хлор в молекуле. Но при повышении температуры более 110-120°С ПВХ может разлагаться с

выделением хлористого водорода HCl. ПВХ устойчив к агрессивным факторам внешней среды, также имеет весьма низкую проницаемостью по отношению к парам, газам и жидкостям, поэтому ПВХ устойчив к действию жиров, растворов солей, щелочей, кислот, спиртов. ПВХ пригоден для вторичной переработки более, чем многие другие полимеры. Однако, существенным недостатком является то, что длительное воздействие ультрафиолета, например, при попадании прямых солнечных лучей, на изделия из ПВХ может привести к фотодеструкции, вследствие чего изделие теряет прочность и эластичность. ПВХ обладает хорошими диэлектрическими свойствами. От этого помогает избавиться введение светопоглощающих красителей в состав ПВХ.

Сшитый полиэтилен

Полиэтилен – является одним из самых популярных и широко применяемым полимерным материалом, полученный путём полимеризации газа «этилен». Молекулы газа при этом выстраиваются в длинные цепи и образуют молекулы полимера. Относится к полиолефинам.

Сшитый полиэтилен (PE-X или XLPE, ПЭ-С) – полимер этилена с поперечно сшитыми молекулами.

Сшивание представляет собой процесс образования поперечных химических связей между линейными макромолекулами. Непосредственно, сшивание ПЭ осуществляют либо облучением частицами высоких энергий, либо вулканизацией перекисными соединениями, например, перекисью дикумила. В результате сшитый полиэтилен не течет вплоть до температуры, приближенной к 200°C, а также имеет повышенную стойкость к растворителям.

Сшитый полиэтилен характеризуется такими параметрами как:

- доля сшивки;
- удлинение на разрыв;
- напряжение на разрыв;
- доля материала в форме кристаллита.

Среди преимуществ изоляции из сшитого полиэтилена можно отметить повышенную пропускную способность за счет увеличения сечения токопроводящей жилы кабеля однофазного исполнения до 650-1000 мм² и более высокой (на 16-20%) токовой нагрузки, обусловленной допустимой рабочей температурой СПЭ-изоляции до +90°С.

Также СПЭ отличается низкой допустимой температурой при прокладке без предварительного подогрева, возможностью прокладки на трассах с неограниченной разностью уровней и более экологичным монтажом и эксплуатацией (за счет отсутствия свинца, масла, битума).

Среди недостатков имеют место невозможность восстановления своей электрической прочности при электрическом пробое твердого диэлектрика. К устойчивому аварийному режиму будет приводить любое однофазное замыкание на землю. При возникновении однофазного замыкания на землю в изоляционной системе кабельной линии необходимо будет устранять эксплуатационному персоналу.

Фторопласты

Фторопласты - фторсодержащие полимеры, относящиеся к группе конструкционных пластиков. Фторполимеры – гомополимеры фторпроизводных этилена и их сополимеры с фторсодержащими олефинами и другими олефинами.

Известно, что фторопласты являются изоляторами тока, и именно из фторопластовой плёнки выполняют первичную обмотку высоковольтных проводов. Свойства, которыми обладает данный полимерный материал: инертность к большинству химических веществ, морозо-, термо- и атмосферостойкость, низкий коэффициент трения, высокая адгезионная способность, негорючесть, водо- и маслоотталкивающие свойства. В связи с этим фторопласт применяется при производстве нагревательного кабеля в качестве изоляции токопроводящей и нагревательной жилы. Из фторопластов изготавливают шланги для перекачки агрессивных жидкостей (кислоты,

концентрированные щёлочи), в том числе горячих и под высоким давлением, из-за их высокой химической стойкости.

Наиболее известные разновидности данного полимера:

- фторопласт-4 (политетрафторэтилен $(-C_2F_4-)_n$);
- фторопласт-3 (политрихлорфторэтилен $(-CF_2-CFCl)_n$);
- фторопласт-2 (поливинилиденфторид $(CH_2CF_2)_n$);
- фторопласт-40 (сополимер тетрафторэтилена $(CF_2CF_2CH_2CH_2)_n$).

Несмотря на то что фторопласты обладают самым низким коэффициентом сухого трения среди полимеров, они не являются взаимными аналогами друг друга, имея целый ряд отличий технических характеристик.

Наибольшее распространение получил политетрафторэтилен.

Фторопласт-4, или тефлон, активно используется в радио- и электротехнике. Материал может использоваться в качестве изолятора, а при внесении модификаций в его молекулярную структуру проводником тока. Из политетрафторэтилена изготавливают кабели, печатные платы, выключатели и элементы реле.

Популярность ПТФЭ обусловлена его техническими характеристиками (табл. 2). Он представляет собой вещество, которое по внешнему виду напоминает парафин или полиэтилен, и характеризуется мягкостью и текучестью. Его плотность составляет 2,17–2,2 г/см³ (ГОСТ 10007–80).

Таблица 2 – Характеристики ПТФЭ

Свойства полимера		Величина
Плотность, кг/м ³		2150-2240
Разрушающее напряжение, МПа	Растяжение	16-35
	Сжатие	10-12
	Изгиб	14-18
Температура, °С	Плавление	270-327
	Стеклование	127
	Разложение	425
	Эксплуатация	-260...+260

ПТФЭ отличается термостойкостью – его эластичность и гибкость сохраняются при температуре от -70 до +270°С, адгезией, устойчивостью к

воздействию ультрафиолетовых лучей, влаги, жиров и органических растворителей, минимальным поверхностным натяжением. Он является биологически и физиологически безопасным.

Химические свойства фторопласта — стойкость, даже более высокая, чем у всех известных синтетических материалов и благородных металлов, невосприимчивость к воздействию агрессивных щелочей и кислот. Разрушить данный полимер можно только трифторидом хлора или расплавами щелочных металлов. Материал хорошо обрабатывается точением, фрезерованием, сверлением и шлифованием.

Резина

Резина (от лат. *resina*-смола) (вулканизат) – материал, образующийся в результате вулканизации натурального и синтетических каучуков. Представляет собой сетчатый эластомер-продукт поперечного сшивания молекул каучуков химическими связями. Резина обладает высокими электрическим сопротивлением и влагостойкостью, но, пожалуй, одним из главных достоинств этого изолирующего материала является его эластичность.

По своему составу все современные марки резины многокомпонентны – в состав входят, в основном, каучуки различных типов и подобные им вещества – эластомеры. Высочайшая эластичность таких материалов обусловлена особенностями их строения на молекулярном уровне.

Зигзагообразные по своей форме молекулы каучуков при растягивании не разрывают свои связи, а всего лишь деформируются в более линейную структуру. Причем после того как воздействие внешней растягивающей силы прекращается, молекулы принимают исходные формы.

Резина, полученная из натуральных каучуков механически прочная и термопластичная. Изоляция из натурального каучука применяется, например, в гибком кабеле КГ.

Однако в чистом виде каучук имеет ряд недостатков, не позволяющих использовать его для изоляции кабеля и провода. Дело в том, что этот материал плохо переносит воздействие низких и высоких температур, внешних

агрессивных и химически-активных сред. Воздействие ультрафиолетового излучения на каучуковую резину еще более губительно – она иссыхает. Под воздействием высокой температуры и солнечного света резина довольно быстро стареет, оболочка кабелей становится хрупкой и постепенно растрескивается.

Недостатки каучука устраняются при помощи процедуры вулканизации. При этом некоторое количество молекулярных связей каучука разрывается и между ними внедряются атомы серы. Измененная пространственная структура материала придает ему совершенно новые свойства:

- Маслостойкость;
- Влагостойкость;
- Огнеупорность;
- Более высокое электросопротивление.

Однако при помощи вулканизации не удастся защитить изоляцию от раннего старения. Поэтому, для изготовления качественной резиновой изоляции, в современном кабельно-проводниковом производстве помимо вулканизации применяют и другие методы, улучшающие свойства каучуков. В состав смеси добавляются различные наполнители, смягчающие вещества, катализаторы вулканизации, вещества, противодействующие старению резины.

Полиуретан

Полиуретаны являются гетероцепными полимерами, макромолекула которых содержит замещённую или незамещённую уретановую группу — $N(R)-C(O)O-$, где $R = H$, арил, алкилы или ацил. В макромолекулах полиуретанов также могут содержаться сложноэфирные и простые функциональные группы, амидная, мочевиная группы и некоторые другие функциональные группы, которые определяют комплекс свойств этих полимеров. Полиуретаны относятся к синтетическим эластомерам и широко применяются в промышленности из-за их широкого диапазона прочностных характеристик. Также применяются в качестве заменителей резины при

производстве изделий, работающих в агрессивных средах, в условиях больших знакопеременных температур и нагрузок. Диапазон рабочих температур — от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Механические свойства полиуретанов изменяются в очень широких пределах и зависят от длины и природы участков цепи между уретановыми группами, молекулярной массы, структуры цепей (линейная или сетчатая) и степени кристалличности. Полиуретаны могут быть твёрдыми веществами в аморфном или кристаллическом состоянии или являться вязкими жидкостями. Свойства данных полимеров варьируются от жёстких пластиков (твёрдость по Шору 65 по шкале D) до высокоэластичных мягких резин (твёрдость по Шору от 15 по шкале A).

К данному виду промышленных материалов предъявляются очень серьёзные требования с точки зрения сопротивляемости воздействию агрессивной внешней среды.

Изделия из полиуретана отлично переносят резкие атмосферные изменения, долговечны в промышленной эксплуатации, ударопрочны и обладают свойствами, которые недостижимы для обычных резин:

- Высокие диэлектрические свойства;
- Эластичность (относительное удлинение при разрыве в 2 раза больше, чем у резины);
- Озоностойкость, водостойкость;
- Низкая истираемость (условная износостойкость выше в 3 раза, чем у резины);
- Кислотостойкость и стойкость ко многим растворителям;
- Высокая прочность (превышает прочность резины в 2,5 раза);
- Возможность работы при высоком давлении (до 105 МПа);
- Вибростойкость и маслобензостойкость.

Термоэластопласт

Термоэластопласты – это синтетические полимерные материалы. В условиях эксплуатации при нормальных и низких температурах (при 120°С-200°С) по своим свойствам аналогичны резинам. В этом случае ТЭП могут перерабатываться методами формования, экструзии, литья под давлением с малыми технологическими потерями. При повышенных температурах термоэластопласты обратимо переходят в пластическое или вязкотекучее состояние подобно термопластам. Однако, в отличие от резин у термопластичных эластомеров существует возможность переработки в резиновые изделия без стадии вулканизации, что делает возможным многократно повторно перерабатывать отходы материала при изготовлении изделий. Физико-механические характеристики различных видов ТЭП представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики ТЭП

Показатель	Термоэластопласты			
	диенвинил-ароматич.	уретановые	полиэфирные	полиолефиновые
Прочность при растяжении, МПа				
при 20°С	24-35	25-55	16-45	9-27
при 70°С	2- 3	8-10	10-23	7-17
при 100°С	—	1-4	8-15	4-12
Относит. удлинение при разрыве, %				
	750-1000	350-550	500-800	300-600
Температура хрупкости, °С				
	-74	-60	от -53 до -74	от -50 до -70

Преимущества ТРЕ-уплотнителя:

- Превосходная озоно- и UV-стойкость;
- Высокая эластичность даже при морозе 60°С;
- Высокая прочность и устойчивость к растяжениям;
- Высокая долговечность, более 30 лет;
- Цвет уплотнителя определяется красителями. Собственный светлый цвет термоэластопласта позволяет выпускать уплотнения разных оттенков цвета путем добавления красителей;

- Химически устойчив к большинству химикатов.

Помимо структурных особенностей и физико-химических характеристик всех вышеперечисленных материалов, используемых в конструкции низковольтных кабельных изделий, особую роль играют электрические и диэлектрические параметры данных материалов (табл. 4), такие как удельное объемное электрическое сопротивление, тангенс угла диэлектрических потерь, электрическая прочность, и диэлектрическая проницаемость.

Таблица 4 – Электроизоляционные параметры материалов

Материал	Уд. объемное электрическое сопротивление, Ом*см	Электрическая прочность, кВ/мм	Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 КГц	Диэлектрическая проницаемость
Каучуки				
Натуральный каучук	10^{15} - 10^{17}	3-30	$(2,3-3)*10^{-3}$	2,1-3,7
Изопреновый, бутадиен-стирольный	10^{15}	20-28	$0,9*10^{-3}$	2,1-2,7
Этилен-пропиленовый (диеновый)	10^{15} - 10^{17}	35-42	$(0,5-0,9)*10^{-3}$	3-3,5
Бутилкаучук	10^{17}	16-24	$(8-30)*10^{-3}$	2,4-2,6
Хлоропреновый	10^{11}	6-24	$30*10^{-3}$	9
Силоксановый	10^{14} - 10^{16}	20-25	$(1-50)*10^{-3}$	3-5
Термопласты				
ПВХ-пластикаты	10^{11} - 10^{14}	14-20	$(50-90)*10^{-3}$	3-10
Полиэтилен	10^{15} - 10^{17}	18-30	$(0,1-0,3)*10^{-3}$	2,3
Сшитый полиэтилен	более 10^{15}	25-98	$0,3*10^{-3}$	2,3-2,4
Полипропилен и его сополимеры	10^{14} - 10^{15}	25-30	$(0,2-0,3)*10^{-3}$	2,3-2,4
Фторопласты: ПВДФ (Ф-2) ПТФЭ (Ф-4)	более 10^{14} более 10^{16}	10-37 20-30	$(10-20)*10^{-3}$ $(0,2-0,3)*10^{-3}$	7,5-13 2,0

Продолжение таблицы 4

<i>Термопластичные эластомеры</i>				
Олефиновые (Santoprene, ТЭП ПП 305К-М и др.)	10^{13} - 10^{15}	25-40	$(0,2-0,3)*10^{-3}$	2,3-2,4
Стирольные (Tefabloc и т.п.)	более 10^{14}	20-30	$(0,3-1,4)*10^{-3}$	2,4-2,5
Уретановые (Elastollan и др.)	более 10^{12}	15-25	$(40-90)*10^{-3}$	3-6
Сополиэфирные (Arnitel, Ннекуд и т.п.)	10^{11} - 10^{14}	15-20	$(40-80)*10^{-3}$	3-5

1.2. Существующие конструкции маслостойких низковольтных кабельных изделий

Маслостойкие низковольтные КИ применяются для присоединения передвижных механизмов к электросетям при переменном напряжении 660 В частотой до 400 Гц или постоянном напряжении 1000 В, при изгибах с радиусом не менее 8 диаметров кабеля. В закрытых помещениях с естественной вентиляцией при отсутствии воздействия атмосферных осадков и солнечного излучения. В помещениях с повышенной влажностью воздуха (в том числе подвалах, шахтах, корабельных и судовых помещениях), в которых возможно длительное наличие или частая конденсация влаги на потолке и стенах.

Материал внешней оболочки в конструкции маслостойких кабельных изделий, играет особую роль. В остальном конструкция кабелей абсолютно такая же как у конструкции силовых кабелей. В качестве примера, представлен кабель марки КГН (рис.1).



Рисунок 1 – Конструкция силового кабеля КГН

Конструкция силового кабеля включает:

1. Токопроводящая жила (класс гибкости 5). Основой служит медная проволока, дополнительно луженая оловом или припоем из сплава олова и свинца. Жила имеет многопроволочную структуру круглой формы. Для работы кабеля в районах с тропическим климатом токопроводящие жилы этих кабелей, изготавливаются из медной проволоки луженой оловом или покрытой оловянно-свинцовым припоем содержащем не менее 40% олова (если в названии присутствует буква Т, то такой кабель используется для конструкции в тропическом исполнении, где нужна повышенная гибкость при монтаже).
2. Разделительный слой. В качестве такого слоя используется синтетическая полиэтилентерефталатная пленка типа ПЭТ – Э, защищающая токопроводящую жилу от склеивания с изоляцией. При отсутствии залипания резины допускается наложение изоляции без пленки.
3. Изоляция, выполненная из изоляционной резины. При этом изолированные жилы имеют отличительную расцветку в виде продольной полосы или сплошную. Цифрой 0 обозначается жила заземления или она окрашивается в зелёно-жёлтый цвет. Следует отметить, что расцветка двухжильных и одножильных кабелей не нормируется. Если схема многожильная, то для расцветки не используются зелёный, жёлтый, белый, красный и серый. Изоляция нулевой жилы выполняется голубого цвета; в случае если нулевая жила отсутствует, голубой цвет будет применяться для расцветки любой жилы кроме заземляющей.
4. Разделительный слой – синтетическая пленка ПЭТ-Э или тальк применяется в качестве защитно-разделительного слоя, обеспечивающего отсутствие прилипания изоляции жилы с основной изоляцией. При условии отделения, изолированных жил от оболочки допускается изготовление без пленки.

5. Скрутка с шагом не более 16 диаметров по скрутке.
6. Оболочка – из резины шланговой маслостойкой, не распространяющей горение. Маслостойкая резина - материал, стойкий к воздействию технических масел. К преимуществам данного материала относятся: отсутствие в составе содержания серы, устойчивость к воздействию масел и способность противостоять набуханию. Из антисептированной резины изготавливается оболочка кабелей, предназначенных для эксплуатации в тропических условиях.

Технические характеристики кабеля КГН:

Климатическое исполнение:

- У категория размещения - 3, 5 по ГОСТ 15150-69;
- Т категория размещения - 1, 2, 3, 5 по ГОСТ 15150-69 .

Температура эксплуатации кабелей:

- марки КГН - от -30°C до +50°C;
- в тропическом исполнении - от -10°C до +55°C.

Строительная длина кабелей:

- не менее 150 м при номинальном сечении основных жил до 35 мм² включительно;
- не менее - 125 м при номинальном сечении основных жил 50 мм² и выше;
- любая длина – в случае необходимости потребителю.

Гарантийный срок эксплуатации кабелей: 6 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не позднее 12 месяцев со дня изготовления. Срок службы кабелей КГН (срок службы исчисляется с момента изготовления кабеля): 2,5 года.

У кабеля марки КПГН в конструкции предусмотрена огнестойкая изоляция – резиновая маслостойкая оболочка с повышенной гибкостью. Преимущественная область применения абсолютно такая же – при возможности попадания на оболочку агрессивных и дезинфицирующих веществ, а также масел.

1.3. Физико-химические процессы, протекающие в полимере при воздействии углеводородов

При контакте полимера с углеводородной жидкостью всегда происходит его набухание.

Набухание представляет собой процесс поглощения низкомолекулярного растворителя высокомолекулярным веществом, который сопровождается увеличением объема и массы полимера. При этом в результате процесс набухания может привести к растворению высокомолекулярного вещества при достаточном влиянии на него растворителя. Существует две формы набухания: ограниченное и неограниченное.

В процессе ограниченного набухания масса и объем полимера достигают определенных значений. При дальнейшем контакте полимера с растворителем не происходит никаких изменений. Результатом такой формы набухания является превращение полимера в студень. Примером ограниченного набухания является набухание резины в бензине.

В отличие от ограниченного при неограниченном набухании отсутствует предел набухания. В связи с этим, полимер поглощает все большее количество жидкости в течение времени. Результатом такого набухания является то, что полимер растворяется. Примером неограниченного является набухание каучука в бензине.

При проникновении жидкой среды в полимерный материал ее молекулы начинают заполнять микропустоты полимера, образованные при движении отдельных сегментов макромолекул. Процесс массопереноса может происходить также через поры, тонкие капилляры и различные дефекты в структуре полимера, например, в армированных слоистых пластиках.

Для описания сорбционно – диффузионных процессов в полимерах используются три параметра:

- Коэффициент диффузии D ;
- Коэффициент растворимости S ;

- Коэффициент проницаемости P .

Эти параметры связаны между собой соотношением:

$$P = D \cdot S.$$

Для разных материалов могут меняться в широких пределах. Наглядную разницу в коэффициентах рассмотрим при контакте полимера с водой при температуре 20-25°C (табл. 5).

Таблица 5 – Значения коэффициентов диффузии, влагопроницаемости и растворимости воды в полимерах

Полимер	Коэффициенты		
	Диффузии $S \cdot 10^{12}$, м ² /с	Влагопроницаемости $P \cdot 10^{16}$, кг/(м·с·Па)	Растворимости $S \cdot 10^4$, кг/(м ³ ·Па)
Полиэтилен	0,67-0,8	4,2-8,3	9,75
Полистирол	12-33	40-109	128
Полиметилметакрилат	7,8-13,5	62-83	9,75
Поливинилхлорид	0,62-2,3	26	42
Политрифторхлорэтилен	0,16-0,8	0,12-0,3	75
Политетрафторэтилен	0,8	0,4-0,95	1,2
Поликарбонат (дифлон)	8,4	—	—
Поликапроамиды	0,1-0,55	80-166	150
Полиформальдегид	0,01-0,027	—	—
Эпоксидные полимеры	1,4-2,3	15,8	697

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. В данном стандарте рассматриваются методы испытаний полимерных материалов изоляции и оболочек кабельных изделий на маслостойкость, озоностойкость и тепловую деформацию.

Выбор жидких углеводородов объясняется необходимостью 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, 48, 70, 100, 150, 200, 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 IEC 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).



Рисунок 2 - 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

Объектами исследования были выбраны кабели с оболочками из ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана.

Выбор данных кабельных изделий связан с тем, что одним из элементов их конструкции является оболочка, изготовленная из фторполимера.



Рисунок 3 – Образец 1 с оболочкой из ТЭП

Технические характеристики:

- Электрическое сопротивление изоляции - $> 10 \text{ МОм}$;
- Номинальное напряжение - 380 В;
- Номинальная частота – 50 Гц;
- Испытательное напряжение - 1500 В;
- Диапазон температур эксплуатации от -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- Длительно допустимая температура нагрева жил при эксплуатации, не более $+80^{\circ}\text{C}$.

Кабели предназначены для присоединения передвижных машин, механизмов и оборудования к электрическим сетям на номинальное переменное напряжение 380 В номинальной частотой до 50 Гц и 660 В номинальной частотой до 400 Гц.

Структура кабеля представляет собой:

- Токопроводящая жила – из медной проволоки, соответствует 5 классу по ГОСТ 22483. Жила может быть луженая или нелуженая.
- Изоляция – из холодостойкой полимерной высокоэластичной композиции. Изолированные жилы кабеля имеют отличительную расцветку.
- Скрутка – изолированные жилы скручены в кабель. Кабели с числом основных жил 2 и 3 могут изготавливаться с одной жилой заземления, либо с одной или двумя вспомогательными жилами. В многожильных кабелях с жилами одинакового сечения одна из жил может использоваться в качестве нулевой жилы.
- Оболочка – из холодостойкой полимерной высокоэластичной композиции.

Выбранное кабельное изделие является представителем класса низковольтных кабелей, так как рассчитан на напряжение менее 1 кВ. Для такого рода кабелей в качестве токопроводящих жил используют медные луженые проволоки.

В качестве материала для изоляции используют высокоэластичную полимерную композицию. Термопласты - полимерные материалы, способные обратимо переходить при нагревании в высокоэластичное, либо в вязкотекучее состояние.

Исследования механических характеристик проводились при воздействии агрессивных сред в виде углеводородных жидкостей, поэтому первостепенным является вопрос о химической стойкости высокоэластичной полимерной композиции.

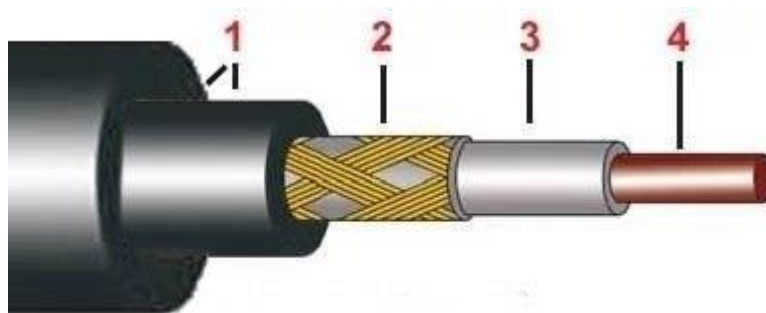


Рисунок 4 – Образец 2 с оболочкой из ПВХ-пластиката

Технические характеристики:

- Электрическое сопротивление изоляции - $> 10 \text{ МОм}$;
- Номинальное напряжение - 660 В;
- Номинальная частота – 50 Гц;
- Диапазон температур эксплуатации от -50°C до $+70^\circ\text{C}$;
- Температура монтажа не ниже -15°C ;
- Радиус изгиба не менее $4D$.

Кабели могут быть использованы для подключения устройств промышленной автоматики, контролеров, датчиков, исполнительных механизмов, работающих при напряжении до 660 В переменного тока частотой до 4МГц или 1000 В постоянного тока при стационарной и нестационарной прокладке.

Предназначены для подключения устройств, требующих использования «витой пары» в качестве канала приема/передачи данных (например,

устройства с интерфейсом RS-485, RS-482, RS-422, в системах связи Foundation Fieldbus, PROFIBUS, HART, CAN и аналогичных), передачи и распространения электроэнергии в стационарных электротехнических установках, для использования в метрополитене.

Структура кабеля представляет собой:

- Токопроводящая жила — из медной проволоки. Жила может быть луженая или нелуженая.
- Изоляция — из ПВХ пластикатов.
- Экран выполнен из медных проволок, число жил в паре 2.

Выбранное кабельное изделие является представителем класса низковольтных кабелей, так как рассчитан на напряжение менее 1 кВ. Для такого рода кабелей в качестве токопроводящих жил используют медные луженые проволоки. В качестве материала для изоляции используют ПВХ пластикаты.

Физико-механические свойства фторопласта представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-механические характеристики ПВХ пластикатов

Свойства полимера		Величина
Плотность, кг/м ³		1350-1430
Морозостойкость, °С		-15
Нагревостойкость, °С		66
Теплопроводность, Вт/м·К		0,159
Разрушающее напряжение, МПа	Растяжение	40-50
	Сжатие	10-12
	Изгиб	80-120
Температура, °С	Плавление	150-220
	Стеклование	75-80 (до 105 для теплостойких марок)

Исследования механических характеристик проводились при воздействии агрессивных сред в виде углеводородных жидкостей, поэтому первостепенным является вопрос о химической стойкости высокоэластичной полимерной композиции.



Рисунок 5 – Образец 3 с оболочкой из полиуретана

Технические характеристики:

- Электрическое сопротивление изоляции - > 10 МОм;
- Номинальное напряжение - 660 В;
- Номинальная частота – 50 Гц;
- Испытательное напряжение 2,5 кВ;
- Диапазон температур эксплуатации от -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- Радиус изгиба не менее $6D$.

Кабель предназначен для присоединения передвижных механизмов к электрическим сетям на номинальное напряжение переменного тока 0,66 кВ номинальной частоты до 400 Гц или постоянное номинальное напряжение 1 кВ.

Предназначены для эксплуатации на суше, реках и озёрах в макроклиматических районах с умеренным, холодным (КГНЭ-ХЛ) климатом, на открытом воздухе и в помещениях.

Вид климатического исполнения кабелей У, ХЛ, Т категорий размещения 1, 2, 3 по ГОСТ 15150.

Устойчивы к воздействию солнечного излучения.

Место монтажа:

- на открытом воздухе, в том числе суше, реках, озерах;
- помещениях, каналах, туннелях;
- в условиях агрессивной среды.

Структура кабеля представляет собой:

- Токопроводящая жила — из медная, круглая, гибкая, 5,6 класса по ГОСТ 22483;
- Изоляция — из термостойкого эластомера, материал полиуретан;

- Экран выполнен из металлических проволок.

Выбранное кабельное изделие является представителем класса низковольтных кабелей, так как рассчитан на напряжение менее 1 кВ. Для такого рода кабелей в качестве токопроводящих жил используют медные луженые проволоки. Гарантийный срок эксплуатации 6 месяцев.

В качестве материала для изоляции используют полиуретан. Исследования механических характеристик проводились при воздействии агрессивных сред в виде углеводородных жидкостей, поэтому первостепенным является вопрос о химической стойкости высокоэластичной полимерной композиции.



Рисунок 6 - Испытуемый образец

Для исследования оболочки, согласно [5], образцы выполнены в форме 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 9.1.3 ГОСТ ИЕС 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 ИЕС 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:

$$\sigma = \frac{F_p}{S} \text{ МПа}, \quad (1)$$

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

S - площадь поперечного сечения образца, мм²:

$$S = \pi \cdot (D_{\text{ж}} - h_{\text{об}}) \cdot h_{\text{об}}, \quad (2)$$

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

$h_{\text{об}}$ - толщина оболочки, мм.

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

Относительное удлинение при разрыве определяется:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где Δl - абсолютное удлинение образца, мм:

$$\Delta l = l_2 - l_1, \quad (4)$$

где l_2 - длина образца после приложения нагрузки, мм;

l_1 - длина образца до приложения нагрузки, мм.

Степень набухания определяется:

$$Q = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \cdot 100\%,$$

где a_1 – исходный вес образца, г;

a_2 – вес образца к моменту времени t , г.

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

3. Обсуждение результатов эксперимента

Результаты испытаний оболочки выбранных кабельных изделий, позволят решить одну из задач данного дипломного проекта, а именно разработать рекомендации по выбору наиболее устойчивых полимерных материалов к воздействию агрессивных сред.

Оценка стойкости материалов оболочек проводится по шкале согласно ГОСТ 12020-72. Оценка проводится по относительным значениям изменения характеристик.

Таблица 7 – Шкала оценки стойкости материала к воздействию агрессивной среды.

Тип пластмассы	Оценка стойкости	Изменение показателя, %
Термопласты	Хорошая	От 0 до 10
	Удовлетворительная	Свыше 10 до 15
	Плохая	Свыше 15

Результаты испытаний прочности на разрыв для ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана, старение которых проводилось в дизельном топливе и трансформаторном масле, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Предел прочности на разрыв в зависимости от времени старения

Время старения	Предел прочности, Н/мм ²					
	Дизельное топливо			Трансформаторное масло		
	ПВХ	ТЭП	Полиуретан	ПВХ	ТЭП	Полиуретан
0	14,623	5,924	24,994	14,623	5,924	24,994
24	14,269	0,559	24,861	14,479	4,899	24,671
48	14,173	0,369	24,589	14,315	4,698	24,289
70	14,137	0,297	24,126	14,245	4,604	24,27
100	14,145	0,212	23,841	14,37	4,476	23,98
150	14,218	0,132	23,504	14,355	4,325	23,796
200	14,225	0,108	22,969	14,235	4,175	23,538
300	14,16		22,674	14,138	3,99	23,325
500	14,28		22,396	13,697	3,842	23,137
800	14,207		22,227	13,839	3,711	23,018
1000	14,111		22,21	13,751	3,682	22,997

График зависимости предела прочности от времени старения представлен на рисунке 7.

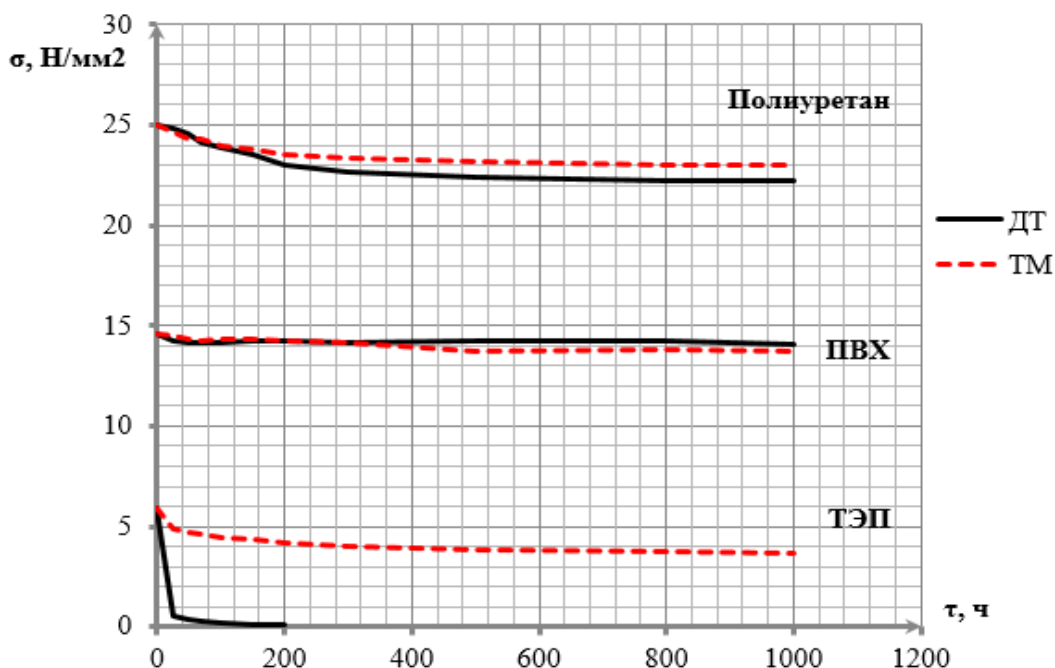


Рисунок 7 – Зависимость предела прочности σ от времени старения τ

Величина относительного удлинения образца при разрыве для ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана, старение которых проводилось в дизельном топливе и трансформаторном масле, представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Относительное удлинение при разрыве в зависимости от времени старения

Время старения	Относительное удлинение, %					
	Дизельное топливо			Трансформаторное масло		
	ПВХ	ТЭП	Полиуретан	ПВХ	ТЭП	Полиуретан
0	323,3	665,4	460,1	323,3	665,1	460,9
24	275,2	331,7	455,3	276,2	634,2	456,7
48	252,5	262,5	452,5	267,5	579,2	455,8
70	243,5	232,5	443,3	261,7	554,2	455,8
100	231,7	207,5	443,6	258,3	531,7	451,3
150	226,7	174,2	436,2	246,7	525,8	443,8
200	225,4	139,2	433,9	242,5	516,7	439,2
300	222,5		430,7	235,8	512,5	435,8
500	216,7		425,8	222,5	501,7	430,5
800	209,2		423,4	212,5	471,7	429,2
1000	196,7		419,9	200,3	450,2	428,3

Графики зависимости относительного удлинения от времени старения представлены на рисунках 8, 9 и 10.

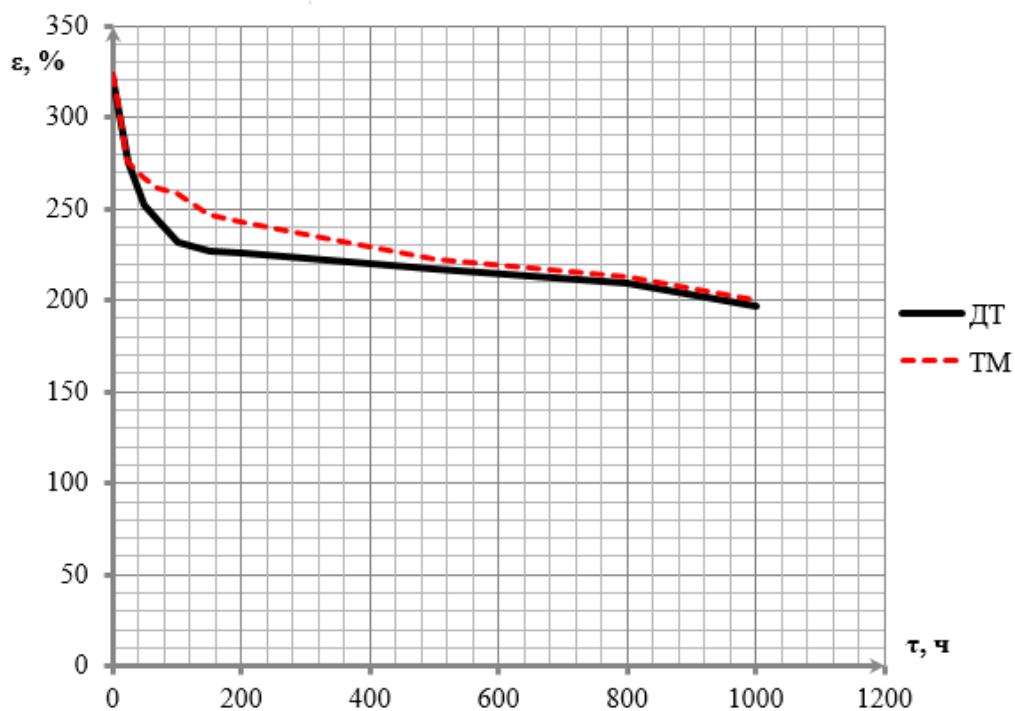


Рисунок 8 - Зависимость относительного удлинения ϵ от времени старения τ для оболочки из ПВХ-пластиката

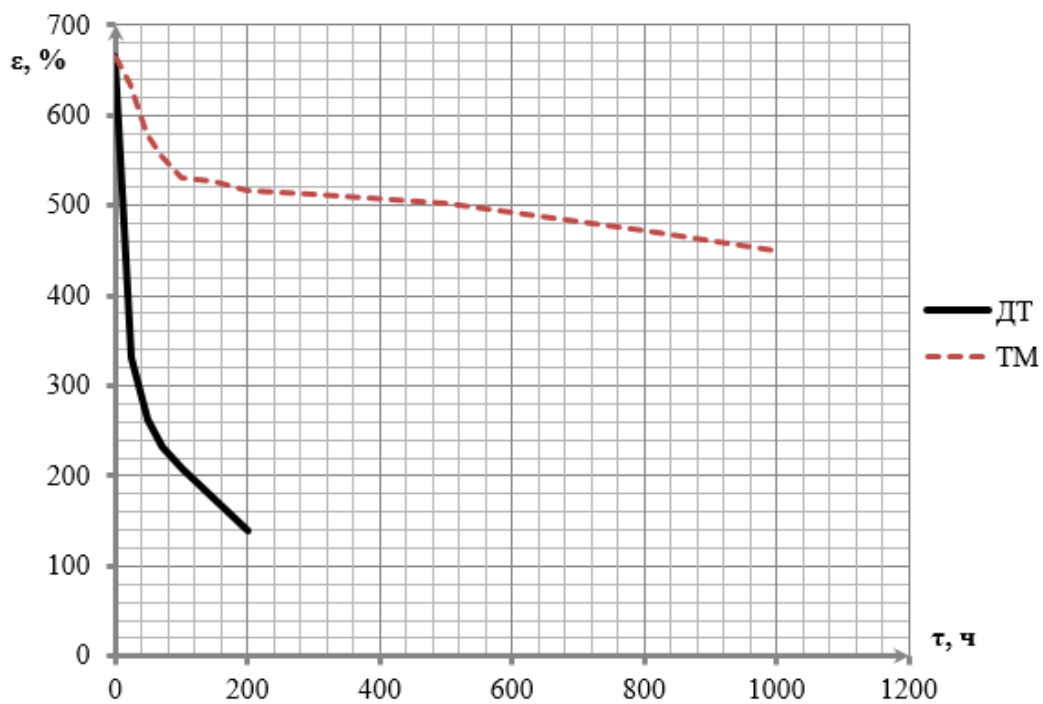


Рисунок 9 - Зависимость относительного удлинения ϵ от времени старения τ для оболочки из ТЭП

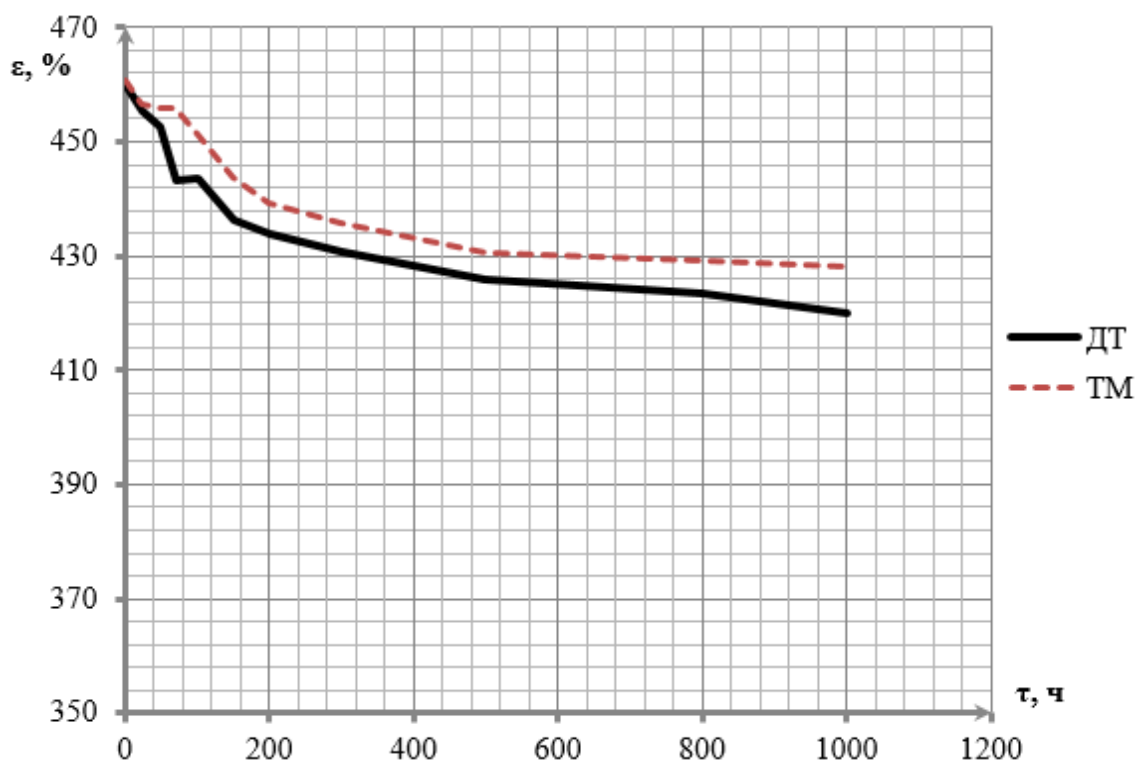


Рисунок 10 - Зависимость относительного удлинения ε от времени старения τ для оболочки из полиуретана

Величина сорбции образцов для ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана, старение которых проводилось в дизельном топливе и трансформаторном масле, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Степень набухания в зависимости от времени старения

Время старения	Степень набухания					
	Дизельное топливо			Трансформаторное масло		
	ПВХ	ТЭП	Полиуретан	ПВХ	ТЭП	Полиуретан
0	0	0	0	0	0	0
24	23,9	29	1,8	20,1	3,1	0,4
48	24,5	41,7	2,7	20,3	4,8	0,8
70	23,8	47,2	3,1	20,1	6,8	1
100	22,8	54,3	3,5	20	7,6	1,4
150	22	62,5	3,8	20,4	8,6	1,7
200	21,1	63,8	4	20,2	9,1	2,1
300	20,7		4,3	20	9,3	2,3
500	17,8		4,5	19,2	11,5	2,6
800	15,1		4,7	17,3	12,5	2,7
1000	13,3		4,8	16,5	13,1	2,7

Графики зависимости степени набухания от времени старения представлены на рисунках 11, 12 и 13.

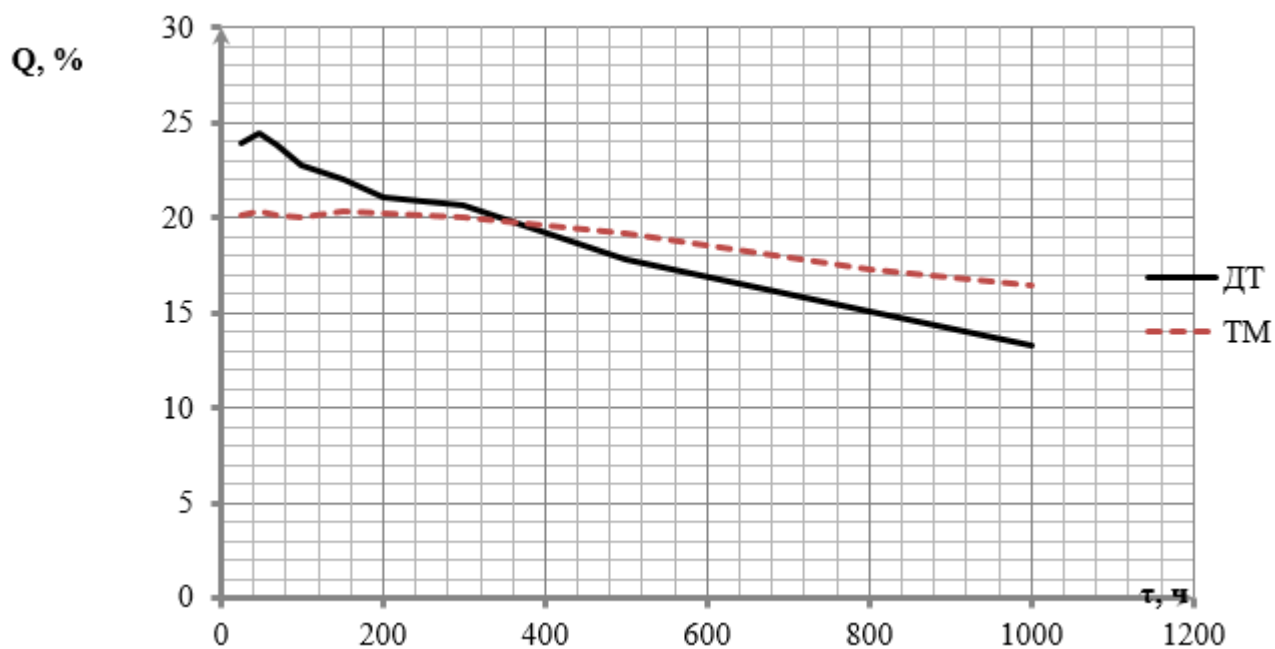


Рисунок 11 - Зависимость степени набухания Q от времени старения τ для оболочки из ПВХ-пластиката

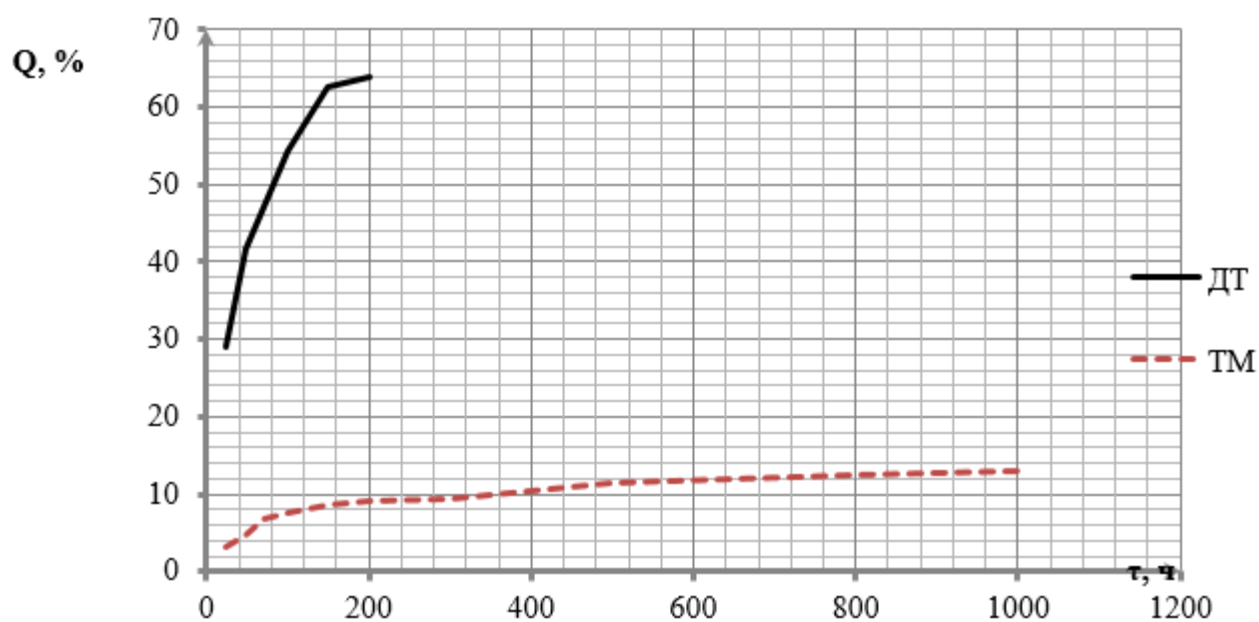


Рисунок 12 - Зависимость степени набухания Q от времени старения τ для оболочки из ТЭП

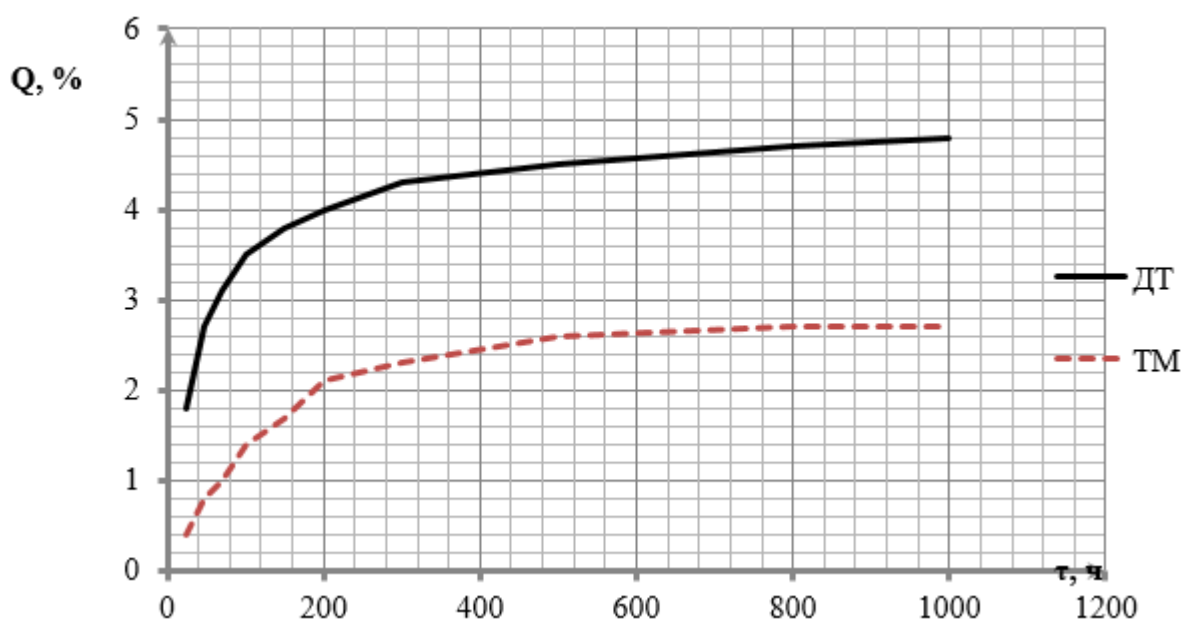


Рисунок 13 - Зависимость степени набухания Q от времени старения τ для оболочки из полиуретана

Таблица 11 – Относительные значения изменения степени набухания

Материал оболочки	Время старения 1000 часов	
	Дизельное топливо	Трансформаторное масло
ПВХ-пластикат	13,3	16,5
ТЭП	63,8	13,1
Полиуретан	4,8	2,7

Как видно из полученных данных, хорошую стойкость показывает, только полиуретан. Удовлетворительную стойкость показывают ПВХ-пластикат в дизельном топливе и ТЭП в трансформаторном масле. Все остальные показывают плохую стойкость к воздействию агрессивных сред.

Предел прочности для кабельных изделий с выбранными оболочками имеет убывающий характер, причем скорость изменения при различных углеводородных жидкостях неодинакова: при погружении кабелей с оболочками из полиуретана и ТЭП в трансформаторное масло наблюдаемые изменения меньше, чем при воздействии дизельного топлива. Это связано с различной плотностью проникающих в полимер углеводородных жидкостей.

Относительное значение изменения предела прочности в трансформаторном масле составило:

- Для полиуретана – 8%;
- Для ТЭП – 38,7%;
- Для ПВХ-пластиката – 5,9%.

В дизельном топливе составило:

- Для полиуретана – 11,2%;
- Для ТЭП – 98,2%;
- Для ПВХ-пластиката – 3,5%.

Как видно из полученных величин, изменение предела прочности, показывает хорошую стойкость у полиуретана в трансформаторном масле и ПВХ-пластиката в обоих агрессивных средах. Удовлетворительную стойкость показывает полиуретан в дизельном топливе. Изменение предела прочности у ТЭП показывает плохую стойкость к воздействию агрессивных жидкостей.

В абсолютных единицах изменение предела прочности в трансформаторном масле составило:

- Для полиуретана – 2 МПа;
- Для ТЭП – 2,3 МПа;
- Для ПВХ-пластиката – 0,9 МПа.

В дизельном топливе составило:

- Для полиуретана – 2,8 МПа;
- Для ТЭП – 5,9 МПа;
- Для ПВХ-пластиката – 0,6 МПа.

В ходе проведения испытаний оболочек из ПВХ-пластиката, полиуретана и ТЭП наблюдается уменьшение предела прочности. Это может быть вызвано несколькими причинами. Во-первых, вследствие сорбции полимера происходит уменьшение энергии межмолекулярных взаимодействий за счет внедрения между макромолекулами полимера молекул низкомолекулярной жидкости. Во-вторых, имеет место неравномерность

набухания, которая является причиной возникновения внутренних напряжений. Это может привести к образованию внутренних дефектов, а также микротрещин в полимерном материале.

Что касается оболочки из ТЭП, после нахождения в дизельном топливе более 200 часов материал теряет свои физико-механические свойства. В результате старение свыше этого времени стало невозможным. Это связано с тем, что у ТЭП есть мягкая аморфная фаза, которая образована гибкими блоками макромолекул. Аморфная фаза обладает повышенной чувствительностью к действию минеральных масел, так как она формируется мягкими блоками полимерных молекул, также обладает более высокой термодинамической гибкостью. В связи с этим, вероятность возникновения деструкционных процессов намного выше.

Относительное значение изменения относительного удлинения в трансформаторном масле составило:

- Для полиуретана – 6,9%;
- Для ТЭП – 32,4%;
- Для ПВХ-пластиката – 38,1%.

В дизельном топливе составило:

- Для полиуретана – 8,9%;
- Для ТЭП – 79,1%;
- Для ПВХ-пластиката – 39,2%.

Исходя из рассчитанных величин, можно сделать вывод, что изменение относительного удлинения показывает хорошую стойкость у полиуретана в обеих агрессивных средах. Все остальные образцы показывают плохую стойкость.

В абсолютных величинах значение изменения относительного удлинения в трансформаторном масле составило:

- Для полиуретана – 31,7%;
- Для ТЭП – 215,3%;

- Для ПВХ-пластиката – 123,6%.

В дизельном топливе составило:

- Для полиуретана – 41,2%;
- Для ТЭП – 525,8%;
- Для ПВХ-пластиката – 126,6%.

Изменение относительного удлинения для кабелей с оболочками из ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана имеют убывающий характер, причем в течение всего периода старения. Независимо от величины изменения исследуемого параметра для различных материалов причиной являются, аналогично изменениям предела прочности: вымывание пластификатора в полимере путем его замещения молекулами жидкости и уменьшение сил межмолекулярных взаимодействий.

Изменение массы образцов, подвергшихся старению в углеводородных жидкостях, напрямую связано с физикой процесса набухания полимера. При набухании макромолекул любого из исследуемых полимеров молекулы углеводородной жидкости проникают в их структуру. Это связано с тем, что структура полимера является недостаточно плотной и состоит из нитевидных и изогнутых макромолекул, переплетенных друг с другом. В свою очередь, молекулы низкомолекулярной углеводородной жидкости, проникая внутрь, заполняют свободные пространства в цепи макромолекул, смещая их относительно друг друга, тем самым ослабляя межмолекулярное взаимодействие. В результате пустоты между макромолекулами заполняются новыми молекулами. Это является причиной увеличения массы образцов.

В результате, можно сделать вывод, что изменения физико-механических характеристик для всех исследуемых материалов имеют убывающий характер. Если обратить внимание на численные значения изменения параметров, то наиболее устойчивыми к воздействию агрессивных сред можно считать ПВХ-пластикат (по изменению предела прочности) и полиуретан (по изменению относительного удлинения). Однако, полиуретан, по

своим свойствам практически не уступающий ПВХ, менее токсичен, более эластичен и имеет микропористую "дышащую" структуру.

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

Цель исследования: изучение стойкости оболочки кабельных изделий к низкомолекулярным углеводородным жидкостям.

В настоящее время недостаточно данных о стойкости полимеров к воздействию агрессивных сред (а именно к воздействию дизельного топлива и трансформаторного масла). Данная работа позволит оценить степень влияния углеводородной жидкости на оболочку кабельного изделия.

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 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>C1. Собственная научная и производственная база для исследований.</p> <p>C2. Соответствие материала необходимым техническим характеристикам.</p> <p>C3. Доработка недостающей информации о характеристиках исследуемого типа материала.</p> <p>C4. 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>V1. Увеличение срока службы исследуемого объекта.</p> <p>V2. Использование продукта в агрессивных условиях эксплуатации.</p> <p>V3. Создание методики оценки ресурса кабельных изделий в исследуемых условиях.</p>	<p>V1C2C3C4;</p> <p>V2C1C2;</p> <p>V3C1C2C3;</p>	<p>V1Сл3;</p> <p>V2Сл2Сл3Сл4;</p> <p>V3Сл1Сл2Сл4;</p>
Угрозы:		
<p>U1. Отсутствие спроса на материал</p> <p>U2. Введение дополнительных требований к материалу</p> <p>U3. Угрозы выхода из строя оборудования на основе исследуемого материала</p>	<p>U1C2C3;</p> <p>U2C1C2C3;</p> <p>U3C2C3;</p>	<p>U1Сл2Сл3;</p> <p>U2Сл1Сл2Сл3;</p> <p>U3Сл2Сл3.</p>

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 15 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	+	+
	B2	+	+	-	-
	B3	+	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	+	-
	B2	-	+	+	+
	B3	+	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующее:

- коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C2C3C4, B2C1C2, B3C1C2C3;
- коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл3, B2Сл2Сл3Сл4, B3Сл1Сл2Сл4.

Таблица 16 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
		C1	C2	C3	C4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-
	Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	+	+	-
	У2	+	+	+	-
	У3	-	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующее:

- коррелирующие сильных сторон и угроз: У1С2С3, У2С1С2С3, У2С2С3;
- коррелирующие слабых сторон и угроз: У1 У3Сл2Сл3, У2Сл1Сл2Сл3.

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 11 и 12, 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 17.

Таблица 17 – 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

Продолжение таблицы 17

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

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:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (5)$$

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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, \quad (6)$$

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 18.

Таблица 18 – Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел.-дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		t_{\min}		t_{\max}		$t_{\text{ож}}$			
		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 отчета по НИР	1	-	3	-	1,8	-	2	-
9	Подготовка к защите НИР	2	2	5	5	3,2	3,2	3	3
10	Защита НИР	-	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 18 строим план-график проведения работ (таблица 19).

Таблица 19 - 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 отчета по НИР	НР	2																							■	■				
9	Подготовка к защите НИР	НР	3																								■	■			
		СД	3																								■	■			
10	Защита НИР	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:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (7)$$

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 20.

Таблица 20 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_m), руб.
Образец 1	8	47	376
Образец 2	8	50	400
Образец 3	8	84	672
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>3014</i>

4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

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

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

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:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_d}, \quad (10)$$

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_d - 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 21.

Таблица 21 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{р.к.}$, руб.	$Z_{м.}$, руб.	$Z_{дн.}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн.}$, 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:

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

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн.}$, руб.	$Z_{доп.}$, руб.	$Z_{полн.}$, 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:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{полн}, \quad (12)$$

где $k_{внеб}$ - 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.

$$Z_{\text{накл}} = \sum Z \cdot k_{\text{нр}}, \quad (13)$$

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 23.

Таблица 23 – Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	3,014	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>142,114</i>	<i>100,0</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 142,114 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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

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 24.

Таблица 24 – 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

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Объект исследования – оценка влияния агрессивных средств на физико-механические свойства оболочки кабельных изделий.

Согласно техническому заданию (ТЗ) планируется выявить на основе экспериментальных данных пригодность кабельных изделий для работы при наличие агрессивной среды. Под агрессивной средой понимается среда эксплуатации объекта, вызывающая уменьшение сечений и деградацию свойств материалов во времени. Для выполнений требований ТЗ необходимо подготовить образцы кабельных изделий и поместить их в агрессивную среду,

после чего через определенные промежутки времени доставать образцы и выявлять изменения физико-механических свойств оболочки кабельных изделий.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на производственную деятельность технологического персонала, работающего с оборудованием, позволяющим проводить испытания, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

Производственная безопасность

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.

Таблица 25 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке физико-механических свойств оболочки кабельных изделий

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) Подготовка образцов к испытанию; 2) Получение заготовок нужной формы на прессе; 3) Испытание на разрывной машине;	1. Микроклимат в закрытом помещении; 2. Шум и вибрации; 3. Испарение летучих продуктов из агрессивных сред.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток. 3. Работа с режущими инструментами	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [8].

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

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 [14]:

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

Таблица 26 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура Поверхностей, °С
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин	
Холодный	Ia (до 139)	20-21,9	24,1-25	19-26
	Iб (140-174)	19-20,9	23,1-24	18-25
	IIa (175-232)	17-18,9	21,1-23	16-24
	IIб (233-290)	15-16,9	19,1-22	14-23
	III(более 290)	13-15,9	18,1-21	12-22
Теплый	Ia (до 139)	21-22,9	25,1-28	20-29
	Iб (140-174)	20-21,9	24,1-28	19-29
	IIa (175-232)	18-19,9	22,1-27	17-28
	IIб (233-290)	16-18,9	21,1-27	15-28
	III (более 290)	15-17,9	20,1-26	14-27

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека и определяются согласно [14]. 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 Ib (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.

Для обеспечения чистоты воздуха, выполнения требований норм к его температуре и влажности используются также специальные системы: вентиляции, кондиционирования, отопления.

Способы нормализации микроклимата производственных помещений в исследовательской лаборатории НИНИЦ ООО «Томсккабель»:

- Рациональное размещение оборудования;
- Рациональная тепловая изоляция оборудования;
- Рациональная вентиляция и отопление (воздушный душ);
- Рационализация режимов труда и отдыха (оазисы).

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 [15].

Меры при возможном превышении шума:

- Разработка шумобезопасной техники;
- Применение средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029;
- Применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051.

Таблица 27 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности, Рабочее место	Уровень звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы

организационно- технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

Освещение на рабочем месте

Правильно организованное освещение рабочего места обеспечивает сохранность зрения и нормальное состояние нервной системы, а также безопасность в процессе производства. 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 [24] для освещения промышленных предприятий регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест – 200 Лк.

Таблица 28 – Нормы искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк		
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения
						всего	В том числе от общего	
Малой точности	От 1 до 5	IV	а	Малый	Темный	400	200	300
			б	Малый Средний	Средний Темный	—	—	200
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	—	200
			г	Средний Большой	Светлый Средний	—	—	200

Для обеспечения нормативной освещённости необходимо использовать совмещённое 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;

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

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

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

$$h = H - h_p - h_c = 3,2 - 0,8 - 0,2 = 2,2 \text{ м.} \quad (15)$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} = \frac{48}{2,2 \cdot (8+6)} = 1,56, \quad (16)$$

где A - длина помещения, м;

B - ширина помещения, м;

S - площадь освещаемого помещения:

$$S = A \cdot B = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м}^2. \quad (17)$$

По значению i выбираются коэффициент использования освещённости, $\eta = 0,46$ 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:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 2,2 = 2,64 \text{ м}, \quad (18)$$

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

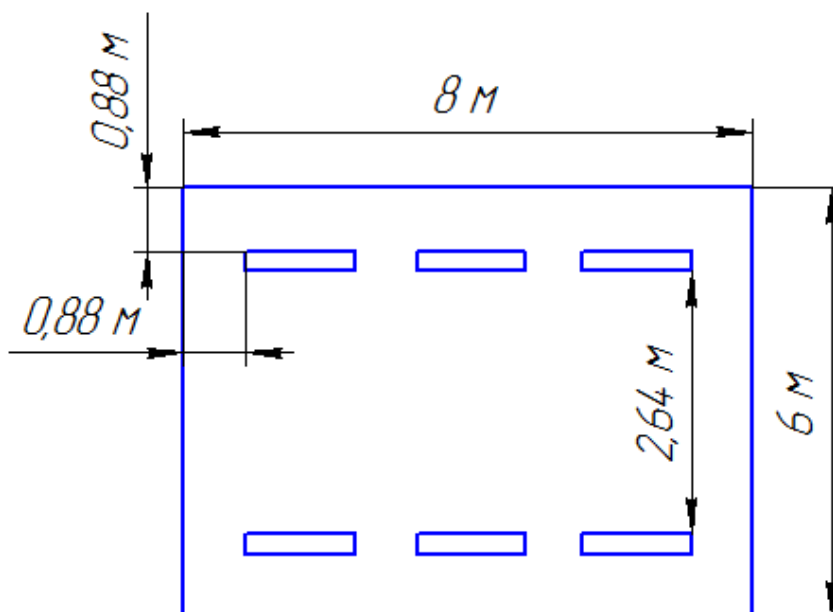


Рисунок 12 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

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:

$$P = 12 \cdot 80 = 960 \text{ Вт}.$$

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.

Производственные помещения по степени опасности поражения людей электрическим током в соответствии с [12] подразделяется на три категории. Лаборатория НИНИЦ ООО «Томсккабель» относится к третьей категории, т.е. к помещениям без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие «повышенную опасность» и «особую опасность».

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 [12].

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

Требования к работникам, допускаемым к выполнению работ в электроустановках в соответствии с [25]:

2.1. Работники обязаны проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ в электроустановках.

2.2. Работники должны проходить обучение по оказанию первой помощи пострадавшему на производстве до допуска к самостоятельной работе.

Электротехнический персонал, кроме обучения оказанию первой помощи пострадавшему на производстве, должен быть обучен приемам освобождения пострадавшего от действия электрического тока с учетом специфики обслуживаемых (эксплуатируемых) электроустановок.

2.3. Работники, относящиеся к электротехническому и электротехнологическому персоналу, а также государственные инспекторы, осуществляющие контроль и надзор за соблюдением требований безопасности при эксплуатации электроустановок, специалисты по охране труда, контролирующие электроустановки, должны пройти проверку знаний требований Правил и других требований безопасности, предъявляемых к организации и выполнению работ в электроустановках в пределах требований, предъявляемых к соответствующей должности или профессии, и иметь соответствующую группу по электробезопасности, требования к которой предусмотрены приложением N 1 к Правилам [25].

Требования Правил, установленные для работников из числа электротехнического персонала, являются обязательными и для работников из числа электротехнологического персонала.

2.4. Работник обязан соблюдать требования Правил, инструкций по охране труда, указания, полученные при целевом инструктаже.

Работникам, указанным в пункте 2.3 Правил и прошедшим проверку знаний требований Правил и других требований безопасности, предъявляемых к организации и выполнению работ в электроустановках, выдаются удостоверения о проверке знаний правил работы в электроустановках, формы которых предусмотрены приложениями N 2, 3 к Правилам.

Результаты проверки знаний по охране труда в организациях электроэнергетики оформляются протоколом проверки знаний правил работы в электроустановках, форма которого предусмотрена приложением N 4 к Правилам, и учитываются в журнале учета проверки знаний правил работы в электроустановках, форма которого предусмотрена приложением N 5 к Правилам.

Результаты проверки знаний по охране труда для организаций, приобретающих электрическую энергию для собственных бытовых и производственных нужд, фиксируются в журнале учета проверки знаний правил работы в электроустановках, форма которого предусмотрена приложением N 6 к Правилам.

2.6. Стажировка, дублирование проводятся под контролем опытного работника, назначенного организационно-распорядительным документом (далее - ОРД).

Допуск к самостоятельной работе должен быть оформлен ОРД организации или обособленного подразделения.

2.7. Работник, в случае, если он не имеет права принять меры по устранению нарушений требований Правил, представляющих опасность для людей, неисправностей электроустановок, машин, механизмов, приспособлений, инструмента, средств защиты, обязан сообщить об этом своему непосредственному руководителю.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные

оболочки; защитные ограждения (временные или стационарные); безопасное расположение токоведущих частей; изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную); изоляцию рабочего места; малое напряжение; защитное отключение; предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности. [26]

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциала; система защитных проводов; защитное отключение; изоляцию нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; малое напряжение; контроль изоляции; компенсация токов замыкания на землю; средства индивидуальной защиты. [26]

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходят испытания, то есть лаборатория НИНИЦ ООО «Томсккабель» и регламентирование мер противопожарной безопасности.

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 [17], лабораторию НИНИЦ ООО «Томсккабель» 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 пожарной опасности.
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.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рисунке 17.



Рисунок 13 - План эвакуации при пожаре

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

5.3. Экологическая безопасность

ПВХ-пластикат, полиуретан и ТЭП очень устойчивы и инертны в обычных условиях. Они не вступают в реакцию с пищей, водой и бытовой химией. При попадании в организм эти полимеры абсолютно безвредны. Считается, что данный полимеры потенциально биологически опасен в двух случаях: во время производства и во время перегрева готового полимера. В процессе производства данных полимерных материалов 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 токсичны.

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 используемых

полимеров, согласно [14] среди продуктов горения, негативно сказывающихся на экологии окружающей среды, имеют место углекислый газ (более 0,11 кг/м³), угарный газ (более 1,16·10⁻³ кг/м³), соляная кислота (более 23·10⁻⁶ 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 [13] 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

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Рассмотрим регулирование коллективных отношений.

Настоящий коллективный договор является правовым актом, регулирующим социально-трудовые отношения работников ООО «Томсккабель» с работодателем.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;

- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;
- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день,

дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;

- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности.

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Обеспечивать за счет средств работодателя:

- Проведение инструктажей по охране труда, обучение лиц, поступающих на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение периодического обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в период работы.
- Проведение обязательных периодических медицинских осмотров (обследований) работников, в том числе женщин в женской консультации, в рабочее время по графику медицинских осмотров, с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров.
- Наличие на производственных участках аптечек для оказания первой помощи пострадавшим и обработки микротравм; наличие в аптечках

рекомендованного МЛПУ «Городская клиническая больница №1» перечня средств и медикаментов, их ежегодную замену.

- Выдачу молока работникам Общества в дни фактического выполнения работ, в том числе при выполнении работ временными ремонтными бригадами на местах с наличием вредных факторов в соответствии с медицинскими показаниями в количестве:
 - при длительности смены до 8 часов – 0,5 л (1 талон);
 - при длительности смены 11,5 часов – 0,75 л (3 талона на две смены).
- На горячих участках и участках с вредными условиями труда обеспечивать работников сухим чаем из расчета 8 грамм на одного человека в смену. Списки работников, которым необходимо выдавать чай, утверждаются совместным постановлением работодателя и профкома.
- На работах, связанных с загрязнением, выдавать бесплатно банное мыло по норме 400 грамм на одного человека в месяц.
- Выдачу работникам защитных паст в дни работы на основании перечня, утвержденного совместным постановлением работодателя и профкома.
- Бесплатную выдачу витаминных препаратов работникам, подвергающимся воздействию высокой температуры окружающей среды и интенсивному теплооблучению при выполнении работ с особо вредными условиями труда в соответствии со списками, утвержденными совместным постановлением работодателя и профкома.
- Дополнительное страхование работников от несчастных случаев на производстве.

Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя, принимаемыми по согласованию с профкомом.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были исследованы образцы кабельных изделий, оболочка которых выполнена из ПВХ-пластиката, ТЭП и полиуретана. В результате проведенных исследований было установлено, что наиболее устойчивым полимерным материалом является ПВХ-пластикат. Поэтому использование ПВХ-пластиката 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. Анкудимова 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. Международный стандарт ICCSR26000:2011 «Социальная ответственность организации».
8. ГОСТ 12.1.004-91. "Пожарная безопасность. Общие требования".
9. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
10. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.
11. ГОСТ 982-80. Масла трансформаторные. Технические условия.
12. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

- 13.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
- 14.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 15.СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
- 16.СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
- 17.СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 18.ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
- 19.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
- 20.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 21.СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
- 22.СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
- 23.СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
- 24.СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
- 25.Приказ 328н. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.
- 26.ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.