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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФТОРПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОЛОЧКИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УДК 621.315.211.9:661.48:620.178.37-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2016 г.

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ _____ _____
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	**ФИО**
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич

Тема работы:

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФТОРПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОЛОЧКИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 25.01.2016 №343/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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.).*	Литературные данные об устойчивости полимерных материалов к воздействию пониженных температур, стандарты проведения испытаний, технические характеристики материалов, ГОСТы на соответствия требованиям.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	1.Аналитический обзор литературных источников в области устойчивости материалов к воздействию пониженных температур 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

Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	Графики зависимостей относительного удлинения, предела прочности от температуры

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трофимова Маргарита Николаевна
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич		27.09.2015

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	*Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости рынка;* *Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ (количество исполнителей - 2 человека)*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	*15 % доплаты и надбавки;* *12-15 % дополнительная заработная плата;* *30% районный коэффициент;* *16% накладные расходы*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	*Отчисления по страховым взносам составляют 30,2 % от ФОТ на 2016 год*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	*SWOT-анализ*
2. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	*Формирование плана и графика разработки :* *- определение структуры работ;* *- определение трудоемкости работ;* *- разработка графика Ганта;* *- расчет сметы затрат:* *- материальные затраты;* *- оплата труда;* *- отчисления во внебюджетные фонды;* *- накладные расходы.*
3. *Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*	*Определение интегрального показателя ресурсоэффективности*
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей):*	
1. *Матрица SWOT* 2. *Диаграмма Ганта* 3. *Бюджет проекта* 4. *Оценка ресурсоэффективности*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»	*1. Описание рабочего места на предмет:* – *анализ вредных и опасных факторов, воздействие на окружающую среду, возможные ЧС и места их возникновения, организация работы отдела охраны труда.*
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	*1. Анализ вредных факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:* – *Вредные вещества;* – *Микроклимат в помещении;* – *Шум;* – *Освещение рабочей зоны.* *2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:* – *Электробезопасность;* – *Пожаробезопасность;* – *Зануление.* *3. Охрана окружающей среды:* – *Выброс отходов.* *4. Защита в чрезвычайных ситуациях:* – *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.* *5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:* – *Перечень законодательных и нормативных документов.*
Перечень расч-го и граф-го материала	*Расчет искусственного освещения для помещения.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2В	Денежко Андрей Николаевич		

Реферат

Дипломная работа содержит 68 страниц текстового материала, 13 рисунков, 18 таблиц, 14 использованных источников. Таблицы и графики составлялись в графическо-расчетной программе ОС WindowsMicrosoftExcel, оформление текстового документа осуществлялось в программе ОС WindowsMicrosoftWord.

Перечень ключевых слов: фторполимер, ПВХ-пластикат, изоляция, оболочка, холодостойкость, старение, предел прочности, относительное удлинение.

Тема: Исследование физико-механических свойств фторполимерной изоляции и оболочки при низких температурах.

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

В результате проделанной работы были получены зависимости предела прочности и относительного удлинения при разрыве фторполимера от температуры старения. На основании полученных данных были сделаны выводы о стойкости органических диэлектриков к воздействию экстремально низких температур и даны рекомендации по выбору полимерного материала для кабельных изделий, работающих в условиях, приближенных к Арктическим.

Список сокращений

БПИ - бумажно-пропитанная изоляция;

ПВХ - поливинилхлорид;

ПГВА - провод гибкий автотракторный с ПВХ изоляцией;

ПТФЭ - политетрафторэтилен;

ПЭ - полиэтилен;

ПЭНП - полиэтилен низкой плотности;

ТЭП - термоэластопласт;

ЭПР - этиленпропиленовая резина.

Оглавление

Введение 9

1. Литературный обзор 11

1.1. Кабели на низкое и среднее напряжение 11

1.2. Существующие нормы и способы оценки стойкости кабельных полимерных материалов к воздействию холода 14

1.3. Краткая сравнительная характеристика полимерных материалов, применяемых в конструкции кабелей 15

2. Методическая часть 21

2.1. Методика проведения старения на холодостойкость 21

2.2. Методика проведения испытаний механических свойств 23

2.3. Подготовка образцов 25

2.4. Методика статической обработки результатов эксперимента 32

3. Обсуждение результатов эксперимента 33

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .. 38

5. Социальная ответственность 52

Заключение 66

Список используемых источников 67

Введение

На сегодняшний день существует острая необходимость в эксплуатации электроустановок в условиях Арктики и приближенных к ней. Для надежной работы такого оборудования требуются кабельные изделия, материалы которых устойчивы к воздействию низких температур. В связи с этим стоит вопрос о выборе полимерных материалов, отвечающим данным условиям эксплуатации.

Наиболее востребованными среди полимеров являются фторопласты и ПВХ-пластикаты. Фторполимеры особым образом отличаются стойкостью к воздействию внешних факторов, в том числе и климатическим. Однако, заявленная минимальная температура достигает лишь -40ºС, когда в Арктических условиях наблюдался минимум при -60ºС. В связи с этим, целью данной дипломной работы является изучение стойкости, фторполимерных материалов к воздействию низких температур.

Для достижения цели в работе решаются следующие задачи:

1. Изучение стандартных методов определения устойчивости кабельных изделий к воздействию пониженных температур.
2. Обоснование выбора марок кабельных изделий и диапазона температур.
3. Разработка методики и плана-графика испытаний, подготовка образцов.
4. Проведение испытаний с различными видами оболочки (фторопласт, ПВХ-пластикат) в условиях низких температур.
5. Исследование зависимости скорости изменения механических характеристик оболочки кабельного изделия от температуры воздействия.
6. Обработка и сравнительный анализ результатов.

7. Разработка рекомендаций по выбору полимерных материалов для эксплуатации в условиях пониженных температур.

Для решения поставленных задач выбран в качестве объекта исследования кабель OLFLEX HEAT 205 SC 1X2,5 BK. А также для сравнительного анализа - проводПГВА-6Б, имеющий изоляцию из ПВХ-пластиката.

1. Литературный обзор

1.1. Кабели на низкое и среднее напряжение

Наибольшее количество фторопласта расходуется при производстве проводов низкого напряжения, потребляемого кабельной промышленностью. К проводам, которые эксплуатируются в условиях пониженных температур, предъявляют сложный комплекс разнообразных, а иногда и противоречивых технических требований, такие как устойчивость к длительным и кратковременным воздействиям различных климатическим, механическим и тепловым факторам, стойкость к воздействию пламени, радиации. При всем при этом габаритные размеры проводов должны быть как можно меньше, а технология производства на кабельных заводах как можно проще, надежнее и производительнее.

Исходя из этого, становится понятным такое широкое применение различных фторопластов для производства низковольтных проводов с повышенной стойкостью к воздействию отрицательных температур.

Так же в качестве электрической изоляции жил и оболочек кабелей, используют пластмассы на основе поливинилхлоридных пластикатов (ПВХ).Чаще всего используют секторную форму токопроводящих жил, чтобы получить компактную конструкцию кабельного изделия, но при этом силовые кабели такого типа производят и с круглыми медными или алюминиевыми жилами.

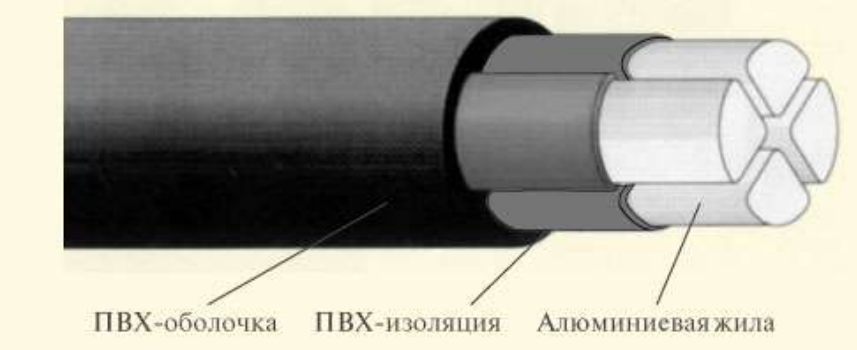

Рисунок 1 – Типовая конструкция кабеля до 1кВ

Данные типы кабельных изделий подразделяют на две группы по условиям эксплуатации. Это кабели для подземной прокладки и кабели для прокладки в кабельных сооружений (туннели, каналы, эстакады), производственных помещениях (ТЭЦ, АЭС) и других объектов (прокладка в воздухе).

Конструкция монтажного провода определяется следующими основными параметрами: сечение жилы, максимальная рабочая температура и рабочее напряжение. Для монтажных проводов существует ряд рабочих напряжений: 100, 250, 500, 600 и 1000 вольт (рабочее напряжение на 600В используется лишь в некоторых странах). Так же еще выпускают монтажные провода на рабочее напряжение в 380В. Выпускают провода следующих сечений: 0,02; 0,03; 0,05; 0,08; 0,12; 0,20; 0,35; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5 мм^2.

В зависимости от рабочей температуры используют медные луженые, никелированные и посеребренные проволоки. Для обеспечения нужной гибкости жилы, а также прочности в месте пайки применяют только гибкие многопроволочные жилы. [1]

В современных монтажных проводах толщину изоляции устанавливают в первую очередь из предъявляемых требований по стойкости к механическим воздействиям и технологических возможностей производства, а уже потом в зависимости от рабочего напряжения. В настоящее время толщина изоляции кабелей на низкое напряжение достигает 0,15мм и менее.

Кабельные изделия на низкое напряжение применяют в распределительных сетях с изолированной нейтралью на напряжение 6, 10. 20, 35 кВ. Основное напряжение энергосистем России и стран СНГ – 10кВ. В кабелях на среднее напряжение в качестве электрической изоляции применяют бумажную пропитанную и пластмассовую изоляцию. Кабели с пропитанной бумажной изоляцией изготавливают трехжильными на

напряжение 6кВ и 10кВ. Такие кабели изготавливают секторной формы с алюминиевыми и медными жилами. В крупных энергосистемах большую часть составляют кабели подземной прокладки, которые практически выработали свой ресурс. Поэтому было принято основное направление на применение для энергосистем современных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена, который допускает использование повышенных и пониженных температур. Увеличение теплостойкости сшитого полиэтилена достигается путем поперечной сшивки линейных молекул полиэтилена черезатому углерода или цепочки кремний – кислород. Изоляция кабельного изделия из сшитого полиэтилена не должна иметь воздушных, газовых и других инородных включений (разрешается только на микронном уровне). При изготовлении кабельного изделия на среднее напряжение конструкция кабеля должна обеспечивать отсутствие влаги в изоляции. Микро- и макроструктура экструдированной полиэтиленовой изоляции должна быть без слабых участков (в электрическом отношении). Должно обеспечиваться отсутствие значительных механических напряжений. К уровню технологической культуры и контролю качества при изготовлении кабельных изделий предъявляются строгие нормы, которые обеспечиваются соответствующими техническими средствами, такими как система контроля чистоты полиэтилена, система контроля и регулирования геометрии кабеля и др.

На рисунке 2 изображен типовой кабель на напряжение 10кВ с ПЭ изоляцией.

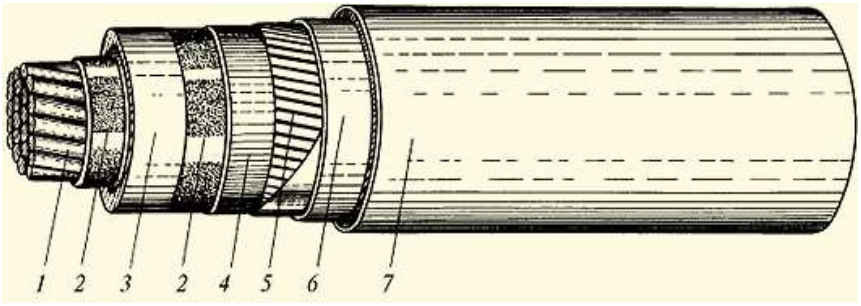

Рисунок 2 – Типовая конструкция кабеля на напряжение 10 кВ с ПЭ-изоляцией

1 – Алюминиевая токопроводящая жила; 2 – электропроводящие экструдированные экраны; 3 – изоляция из сшитого ПЭ; 4 – электропроводящие влагонабухающие ленты; 5 – экран из медных проволок; 6 – разделительная обмотка лентой; 7 –оболочка из ПЭ.

1.2. Существующие нормы и способы оценки стойкости кабельных полимерных материалов к воздействию холода

Детали и изделия из полимерных материалов используют в различных условиях соответственно и при низких температурах. Следовательно, встает вопрос о необходимости оценивать их морозостойкость. Следует понимать, что под морозостойкостью подразумевается способность полимерных материалов не терять эластичность при низких температурах. Рассмотрим это на примерах. В стеклообразном полимере – это отсутствие хрупкости, в эластомере – это означает сохранение эластичности. Поэтому для этих материалов температурной границей морозостойкости будетявляется температура хрупкости ($Т_{хр)}$.

Образцы полимеров оценивают коэффициентом морозостойкости К, который определяется из соотношения вида:

$$К=\frac{Xm}{X20},$$

где $Х_т$ и $Х_{20}$ – этозначения при низкой и комнатной температурах.

Морозостойкость на практике также выражается способностью без растрескивания выдерживать разовое охлаждение до заданной температуры в течение необходимого периода времени или же многократное охлаждение и нагревание материала.

Следует отметить, что морозостойкость полимерного материала напрямую зависит от длительности нагрузки приложенной к полимерному образцу, потому что от нее зависят $Т_{ст}$и $Т_{хр}$, а так же и другие свойства материала.

Температуру $T_к$, которая соответствует данному коэффициенту морозостойкости, рассчитывают по формуле:

$$1/T_к=A+B\times lg\tau=C-B\times lg\omega,$$

где A, B, C – константы, τ – длительность испытания, ω – частота нагруженного образца.

Так же морозостойкость зависит и от химического строения полимеров, это можно увидеть в таблице 1.

Таблица 1– Значенияморозостойкости некоторых полимеров

Полимеры	Морозостойкость (пределы рабочих температур,ºС)	
	Верхний предел	Нижний предел
Полиэтилен низкой плотности	-120	-45
Полиэтилен высокой плотности	-150	-60
Полипропилен	-50	-5
Поливинилхлорид (ПВХ)	-20	-10
Полистирол	-40	-

Для того чтобы оценить морозостойкость полимеров, подготавливаю образцы в виде пластинок размером 25*6*6 мм и затем охлаждают в криостате, при этом на каждой заданной температурной отсечке они подвергаются изгибанию или сжатию. После деформации образца считают количество лопнувших образцов. При этом температура, определяющая морозостойкость является та, при которой деформируется половина испытуемых образцов.

1.3. Краткая сравнительная характеристика полимерных материалов, применяемых в конструкции кабелей

В наше время наблюдается активное развитие материалов изоляции в кабельной промышленности, которое даст возможность предлагать новые

виды конструкции кабельных изделий. При этом происходит развитие не только в полиэтиленовой изоляции, но и традиционной - резиновой.

Использование различных изоляционных материалов для изготовления определенного типа кабеля определяется конструктивными особенностями изделия и эксплуатационными параметрами электрических сетей.

Перейдем к рассмотрению наиболее используемых изоляционных материалов.

- **Изоляция из поливинилхлорида (ПВХ)**

Наиболее часто используемый в промышленности дешевый термопластичный полимер. Изоляция из него обходится довольно дешево, поскольку ПВХ хорошо поддается формовке. Но при этом поливинилхлорид имеет существенный недостаток – это потеря пластичности при отрицательных температурах и сильное размягчение при температуре выше 65 ºС. Исходя из всех преимуществ и недостатков, а так же из условий эксплуатации используют разновидность поливинилхлорида – хлорированный ПВХ и использование различных пластификаторов.

- **Полиэтиленовая изоляция**

Следующий вид изоляционного материала устойчив к различным химическим веществам и может применяться во многих агрессивных средах. Стоит отметить, что обычный полиэтилен является термопластичным и поэтому его не используют при высоких температурах. Для таких целей используют сшитый полиэтилен.

- **Фторполимерная изоляция**

Применение фторопласта в качестве изоляционного материала при производстве кабельных изделий сопряжено со сложностями технологии. Для начала осуществляется обмотка проводников фторопластовой лентой, после этого происходит нагрев до полного «спекания» материала оболочки в

однородную структуру. Фторопласт устойчивый и прочный к агрессивным средам и химическим веществам, а так же сохраняет свои изоляционные и физические свойства в большом диапазоне температур. [2]

Постоянное расширение номенклатуры производимых проводов и кабелей объясняется уникальными свойствами фторполимеров, а также постоянная потребность в новых кабельных изделиях. Поэтому в настоящее время во многих основных группах кабельных изделий в качестве изоляционного материала используют фторопласты. Их применение в различных кабельных изделиях, в первую очередь, объясняется стойкостью фторполимеров к воздействию повышенных и пониженных температур. При этом фторопласты также обладают высокими диэлектрическими свойствами, высокой химической стойкостью, негорючестью и высокими механическими свойствами.

Именно по этим причинам фторопласты широко применяются в монтажных низковольтных проводах, высоковольтных проводах и кабелях, радиочастотных кабелях, многожильных монтажных кабелях и кабелях управления, кабелях для атомных электростанций, нагревательных термоэлектродных и термопарных проводах и в оптических кабелях.

- **Резиновая и бумажно-пропитанная изоляция**

Обычная резиновая изоляция состоит из смеси натурального и синтетического каучука с наполнителем, противостарителем, размягчителем, ускорителем вулканизации, а также некоторыми другими веществами. При изготовлении изоляционного слоя используют резину типа РТИ-1, которая содержит 35% каучука. Основным преимуществом обычной резиновой изоляции, которую используют при производстве силовых(КГ), судовых(КНР) и НРШИ кабелей, является гибкость. Резина очень устойчива к изгибанию и почти не впитывает в себя влагу, но при всем при этом она обладает некоторыми недостатками. Например, рабочая температура жилы не должна превышать 65°С;изоляционный слой, изготовленный из резины, со

временем теряет свою эластичность и соответственно меняются остальные физико-технические характеристики. Также причиной разрушения резины может происходить из-за различных внешних и внутренних факторов, чаще всего это является следствием окислительного процесса между каучуком и воздухом.

Поэтому в зарубежных странах стали разрабатывать новые материалы, которые соответствовали требованиям, предъявляемым к современной кабельной промышленности. Это этиленпропиленовая и кремнийорганическая резины.

Давнюю историю производства и применения за рубежом имеют силовые кабели с этиленпропиленовой изоляцией. Открытие этиленпропиленовой резины было в конце 50-ых годов, а уже в самом начале 60-ых два завода в Европейской части и три завода в Америке начали производство кабеля с данным типом изоляции. В настоящее время этиленпропиленовую изоляциюактивно используют в Италии и Испании – странах с большими прибрежными зонами. Эти регионы отличаются большим числом солнечных дней за год и высокой температурой. Кабельные изделия с таким типом изоляции зачастую используют как для прокладки в воздухе, так и для прокладки в земле, благодаря высокой стойкости резины к влаге. Также в Европе помимо кабелей ЭПР на среднее напряжение активно используют и высоковольтные кабели ЭПР до 138кВ.

В таблице 2 приведены результаты сравнения характеристик кабельных изделий с бумажно-масляной пропитанной изоляцией (БПИ) и изоляцией из этиленпропиленовой резины (ЭПР).

Таблица 2 – Результаты сравнения кабелей с БПИ и ЭПР

Характеристика	Кабель с БПИ изоляцией	Кабель с ЭПР изоляцией
Рабочая температура жилы, °С	65-70	90-105

Продолжение таблицы 2

Температура жилы в аварийном режиме работы, °С	90	140
Предельно допустимая температура жилы при протекании тока КЗ, °С	140-170	250
Коэффициент диэлектрических потерь tgd при 20°С	0,008	0,0004
Разница уровней на трассе, м	15	Не ограничено
Огнестойкость	-	Хорошая
Гибкость	Средняя	Хорошая

Проанализировав данную таблицу, можно заметить, что кабель с изоляцией из этиленпропиленовой резины имеет ряд существенных преимуществ в сравнении с кабелем с бумажной изоляцией. Важнейшей характеристикой изоляционных материалов является температура нагрева токопроводящих жил, а именно максимальная температура, при достижении которой изоляционный материал сохраняет свои свойства в течение длительного промежутка времени. Допустимые токи нагрузки напрямую зависят от этого показателя. Благодаря применению ЭПР в качестве изоляции можно увеличить допустимую температуру токопроводящей жилы до 90°С, когда для кабеля с БПИ допускается лишь 65-70°С.

Стоит учитывать, что при монтаже кабеля для БПИ минимальная температура прокладки без предварительного прогрева составляет 0°С. Для кабеля с изоляцией ЭПР, возможна прокладка при различной температуре, это будет зависеть от материала наружной оболочки. Так, например, для ПВХ возможна прокладка при -15°С (до 40°С).

Кабель с изоляцией из этиленпропиленовой резины, в сравнении с устаревшем БПИ кабелем обладает меньшим весом и малым диаметром, в

результате чего является более простым в прокладке кабеля, как в земле, так и в различных кабельных сооружениях.

Далее приведена таблица основных сравнительных характеристик современных полимерных материалов.

Таблица 3 - Характеристики полимерных материалов

Характеристика полимера	ПВХ-пластикат: ИО45-12	Полиэтилен: ПЭНП	Фторопласт: Ф-4	ТЭП: Олефиновый (Santoprene)
Уд.объемное электрическое сопротивление, Ом*см, не менее	1012	1014-1015	1018	1013-1015
Электрическая прочность, кВ/мм	14-20	40-50	35-40	25-40
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 КГц	(50-90)*10-3	0,3*10-3	(0,2-0,25)*10-3	(0,2-0,3)*10-3
Диэлектрическая проницаемость	3-10	2,48	1,9-2,2	2,3-2,4
Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	350	800	250-350	300
Прочность при разрыве, МПа, не менее	11,7	17,6	35	2,5-7

2. Методическая часть

2.1. Методика проведения старения на холодостойкость

Старение полимеров под термическим воздействием в лабораторных условиях проводится согласно межгосударственному стандарту ГОСТ 17491–80. Данный стандарт распространяется на провода кабели и шнуры с резиновой или пластмассовой оболочкой и изоляцией и определяет методы испытаний на холодостойкость. [3]

Для проведения испытаний были отобраны образцы кабельных изделий, без механических повреждений, загрязнений и прочих дефектов, видимых без увеличительных приборов, а так же с момента изготовления данного кабеля прошло более 16 часов.

Все образцы были отобраны из трех разных мест находящихся друг от друга на расстоянии не меньше одного метра.

Для испытания на изгиб при отрицательной температуре число образцов использовалось не менее двух, и длина их составляла не менее метра.

Рисунок 3 - Испытание образца на изгиб после термического старения

Суть метода испытания на изгиб заключается в намотке образца на стержень, который перед этим должен быть охлажден до температуры испытания. Испытанию на изгиб подвергаются образцы кабельных изделий

наружным диаметром до 12,5 мм включительно. Испытания проводились на установке TV-1000, схема работы которой изображена на рисунке 4.

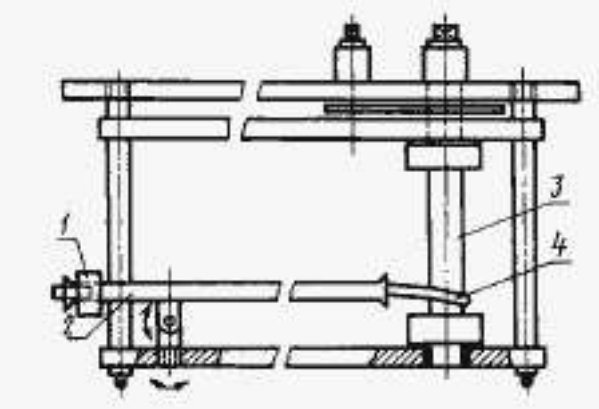

Рисунок 4 – Камера холода TV-1000

1-противовес; 2-труба; 3-стержень; 4-образец

Образцы в данной камере холода должны выдерживаться не менее 16 часов. Если прибор был заранее охлажден до испытуемой температуры, то разрешается более короткий период охлаждения, но при этом не менее 4 часов. В том случае если и образцы, и прибор были охлаждены заранее до температуры испытания, то время охлаждения должно составлять один час после закрепления образца в приборе.

Необходимо чтобы диаметр стержня, на который накручивается образец, был больше наружного диаметра испытуемого образца в пять раз. Частота вращения стержня должна составлять примерно один оборот за пять секунд. Разрешен и другой диаметр стержня, но это должно быть указано в нормативно-технической документации. Число наматываемых витков выбирается в зависимости от наружного диаметра кабельного изделия, а для плоских изделий выбирается в зависимости от наружного размера по меньшей оси, согласно таблице 3.

Таблица 3

Наружный диаметр, мм	Число витков
До 2,5 включительно	10
Свыше 2,5 и до 4,5	6
От 4,5 до 6,5	4
Свыше 6,5 до 8,5	3
От 8,5 до 12,5	2

Если испытуемый образец имеет наружный диаметр более 12,5 мм, то испытание проводят на другом оборудовании.

В настоящее время особое внимание уделяется кабельным изделиям, работающим в сложнейших экстремальных природно-климатических условиях, поскольку ведутся многочисленные работы по добыче полезных ископаемых в Арктических условиях. Исходя из того, что средние минусовые температуры Арктики колеблются: от −4 °С до −25 °С, а минимальные температуры иногда снижаются до −55,−60 °С, возникает необходимость испытаний наиболее распространенных изоляционных материалов на температуры, позволяющие работать в данных условиях. В связи с этим, исследуемые кабели с изоляцией из фторопласта и ПВХ-пластиката с заявленной минимальной температурой эксплуатации −40°С, подвергаются более низкой температуре для определения их возможного применения. Данный фактор и определяет выбор диапазона, при котором производится старение: 20, -30, -40, -50, -60 °С.

2.2. Методика проведения испытаний механических свойств

Механические свойства полимерных материалов показывают механическое поведение полимеров при условиях влияния на них внешних сил. Они теряют свои свойства и при определенных периодах воздействия механических напряжениях разрушаются. Для всех полимеров основными механическими параметрами считается разрушающее напряжение при растяжении и относительное удлинение при разрыве. От того на сколько стойкий материал к термическому старению и определяется срок службы

готового изделия. Полимер является вязкоупругим материалом и поэтому процесс старения такого материала считается необратимым. Скорость старения напрямую зависит от чувствительности полимера к отрицательным температурам. Поэтому для оценки готового кабельного изделия проводят анализ изменений механических характеристик полимерного материала при воздействии пониженных температур.

Данный тип испытаний позволяет определить прочность при растяжении и, соответственно, относительное удлинение при разрыве испытуемого материала изоляции и проводится согласно межгосударственному стандарту ГОСТ IEC 60811-1-1-2011. Сначала испытание проводят при исходном состоянии исследуемого образца, а уже затем после укоренного теплового старения при выбранных температурах.

Рисунок - 5 испытание образца на разрывной машине

Для испытания полимерных образцов на относительное удлинение при воздействии отрицательных температур из отрезка кабеля должно быть подготовлено несколько образцов в виде трубочек длиной 100мм. [4] Для этого из заготовленных образцов извлекается токопроводящая жила, затем в середине образца отмечается рабочий участок длиной 20мм. Далее каждый из образцов устанавливался на разрывную машину (РМИ-60), затем прикладывалось механическое напряжение и после разрыва образца снимались механические характеристики. Если образец разрывался в местах крепления, то данный образец не учитывался.

Для проведения испытаний такого типа использовалась разрывная машина марки РМИ-60. Данная машина изображена на рисунке 5. Она предназначена

для испытаний проволоки, металлических лент, резин, пластмасс, резиновых и текстильных нитей, тканей, чёрных и цветных металлов на растяжение, сжатие, изгиба и разрыва испытуемого образца.

Рисунок 6 - Разрывная машина РМИ-60

Основные характеристики РМИ-60:

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

2.3. Подготовка образцов

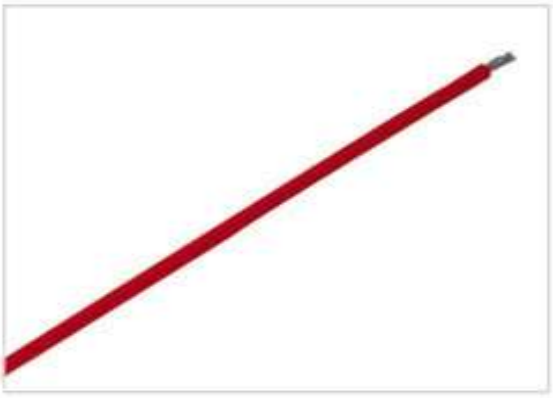

Рисунок - 7 кабель OLFLEX HEAT 205 SC 1X2,5 BK

В качестве объекта исследования был выбран кабель марки OLFLEX HEAT 205 SC 1X2,5 BK, который изображен на рисунке 7.Выбор данного

кабелябыл связан с тем, что одним из элементов его конструкции является оболочка, которая изготовлена из фторполимера.

Рассмотрим технические характеристики данного кабельного изделия.

- Удельное сопротивление изоляции - > 2ТОм·см;
- Конструкция жилы – жилы по VDEкласс гибкости 5/ по IEC 60228 класс 5 от 0,5 мм^2;
- Минимальный радиус изгиба – неподвижная прокладка: 4xD;
- Номинальное напряжение – U_0/U 300/ 500 В;
- Испытательное напряжение – 2500 В;
- Температурный диапазон – неподвижное применение: от -100°С до +205°С;

Данное кабельное изделие имеет отличную стойкость к солям, синтетическим жидкостям, бензину, лакам, щелочам и другим химическим жидкостям. Трудновоспламеняем, имеет высокую пробивную прочность и износостойкость. Так же имеет способность сохранять все свои физические свойства в большом диапазоне температур и обладает высокими диэлектрическими свойствами.

Выбранный кабель относится к классу низковольтных кабельных изделий, так как рассчитан на напряжение до 1000В. Для таких кабелей используется токопроводящие жилы в виде медной луженой проволоки, но в зависимости от диапазона рабочих температур могут и использоваться посеребренные и никелированные проволоки.

В качестве материала изоляции используется политетрафторэтилен (фторопласт-4). Его получают в автоклавах эмульсионным способом полимеризацией мономера с 4-мя атомами фтора.

$$nCF2 = CF2 \rightarrow (— CF2 — CF2 —)n.$$

Полученный в результате реакции продукт представляет рыхлый белый волокнистый порошок, который не плавится при нагревании, в сравнении с другими термопластичными материалами, а только лишь размягчается, поэтому он не перерабатывается в изделия обычными методами.

Из фторопласта-4 изделия получают в результате спекания в электропечах при температуре 360-380°С специальных таблеток, которые состоят из спрессованного рыхлого порошка на холоде. Фторопласт-4 – это водостойкий продукт, он не горит, не растворяется в обычных растворителях. Его химическая стойкость превосходит стойкость всех других синтетических материалов и сплавов, даже таких благородных металлов, как золото и платина.

Изделия, изготовленные из фторопласта-4, применяются для работы в агрессивных средах, а также в местах с повышенными и пониженными температурами.

При таком большом количестве положительных качеств фторопласт-4 все же обладает некоторыми недостатками. Под такими недостатками понимается трудность переработки изделия, плохая свариваемость и склеиваемость, довольно высокая стоимость, недостаточная твердость и жесткость.

Физико-механические характеристики фторопласта-4 приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-механические характеристики ПТФЭ

Максимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	260
Минимальная рабочая температура при эксплуатации, °С	-269
Температура разложения, °С	более 415
Теплопроводность, кал·104/(см·с·°С)	5,9 - 6
Удельная теплоемкость, кал/(г·°С)	0,25
Водопоглощение за 24 часа, %	0,00

Продолжение таблицы 4

Предел прочность при растяжении, кг/см2 незакаленные образцы закаленные образцы	 140 - 250 160 - 315
Относительное удлинение при разрыве, %	250 - 500
Остаточное удлинение, %	250 - 350
Предел прочности при статическом изгибе, кг/см2	110 - 140
Модуль упругости при изгибе, кг/см2 при +20оС при -60оС	 4700 - 8500 13200 - 27800
Удельная ударная вязкость, кг/мм2	100
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	более 1017 (до 1020)
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	более 1017
Электрическая прочность при толщине 4 мм, кВ/мм	25 - 27
Горючесть	не горит

Фторопласт-4 может эксплуатироваться и при температурах от -269°С до +260°С, причем верхний предел определяется снижением механических свойств, а не потерей стойкости к агрессивным средам. При достижении температуры 300°С, фторопласт-4 набухает, что можно объяснить заполнением пор, которые всегда присутствуют в образцах полимера. Но все же фторопласт-4 не может выдержать воздействие расплавленных и растворенных щелочных металлов, трехфтористого хлора, газообразного фтора при 150°С и выше или при повышенном давлении.

Рисунок - 8 провод марки ПГВА -6Б

Так же для сравнения был использован кабель марки ПГВА 1Х6, который представлен на рисунке 8.

Выбор данного кабельного изделия был связан с тем, что его изоляция

изготовлена из ПВХ-пластиката, с заявленной отрицательной температурой -40°С.

ПГВА – это автотракторный провод, который предназначен для гибкого соединения автотракторного электрооборудования и приборов с номинальным напряжением до 48В, что относит его к классу низковольтных кабелей. Изготавливается для автотехники, эксплуатируемой в условиях умеренного и тропического климата при температуре окружающей среды от -40°С до +60°С и относительной влажности воздуха до 90% при температуре +27°С, а такжедля автомобилей, эксплуатируемых в условиях холодного климата.Токопроводящая жила данного кабельного изделия медная, имеет круглую форму, многопроволочная, в результате чего имеет повышенную гибкость.

ПВХ-пластикат обладает хорошими изоляционными свойствами, а также высокой механической прочностью и стойкостью к солнечной радиации. Полимер представляет собой комплекс добавок к основному веществу – поливинилхлориду. Он образуется с помощью полимеризации хлористого винила в воде при температуре от +40°С до +50°С под действием избыточного давления около 50-70 Н/мм^2. Сам же хлористый винил выделяют из ацетилена и этилена при крекинге и пиролизе нефтяных продуктов, сухой перегонке каменного угля или же из природного газа.

Для придания полимеру необходимых свойств, вводят специальные вещества, которые в свою очередь могут вызвать приобретение как положительных свойств, так и отрицательных. ПВХ-пластикат имеет различное применение, например, для изготовления изоляционного ПВХ-пластиката необходимо получить хорошие электрические характеристики, а, в свою очередь, для ПВХ-пластиката, используемого в изготовлении оболочки, нужны повышенные механические характеристики.

Ниже приведена таблица, в которой отражены технические характеристики ПВХ-пластикатов различных рецептур под изоляцию и оболочку.

Таблица - 5 основные технические характеристики поливинилхлоридных пластикатов различных рецептур под изоляцию и оболочку

Технические характеристики	№ рецептуры изоляционного ПВХ пластиката						№ рецептуры ПВХ пластиката для оболочки		
	38	11	230, 251	489	948	теплостойкий	239, 288	301	1183, 355
Плотность, г / см3	1,32	1,30	1,31	1,36	1,21	1,34	1,3	1,3	1,26
Предел прочности при разрыве, Н / см2	1300-1600	1800-2200	1800-2300	2000-2500	1000-1200	2000-2500	1600-1800	1500-1650	1200-1300
Относительное удлинение, %	220-240	210-270	200-280	230-260	320-440	200-250	280-300	280-310	300-400
Нижний предел температуры, °С	-15	-40	-40	-50	-55	-15	-40	-50	-60
Температура размягчения полимера, °С	150-160	170-175	175-180	180-185	160-170	185-190	170-175	170-175	160-170
Стойкость к старению в везерометре при t = +70°С, часы	-	1000	1000	1000	-	1000	3000	3000	3000

Продолжение таблицы 5

ρv (удельное объёмное сопротивление), Ом см:									
при t = +20°C	(10-30)·1012	100·1012	(10-30)·1012	(20-50)·1012	1·1012	500·1012	0,47·1012	(0,2-0,5)·1012	(0,5-0,7)·1012
при t = +70°C	-	(0,5-0,7)·1012	(0,1-0,3)·1012	(0,1-0,3)·1012	-	(3-5)·1012			
tg δ (угол диэлектрических потерь)	-	0,04	0,07	0,06	-	0,02			
ε (диэлектрическая проницаемость)	-	4-5	5-6	4-5	-	3,5-4			
E (электрическая прочность), кВ / мм	-	50-60	50-60	50-60	-	50-60			

При нахождении ПВХ-пластиката под воздействием повышенных температур и солнечного света происходит старение. Процесс старения приводит к снижению эластичности и стойкости к низким температурам. Он возникает в результате испарения пластификатора, причем в начале процесса старения гибкость полимера возрастает из-за задерживающихся продуктов распада пластификатора, а уже после окончательного улетучивания эластичность заметно снижается.

Для исследования изоляций изготовленных из фторопласта и ПВХ-пластиката соответственно, согласно ГОСТ 17491–80, используемые образцы были в форме трубочек, так как размеры изоляции не позволяют использовать общепринятую форму двусторонней лопатки. Образцы,

имеющие механические повреждения в проведении испытаний не участвуют.

Все внутренние конструктивные элементы были удалены. Если число испытуемых образцов не указывается в нормативно-технической документации на конкретное кабельное изделие, то принимается пять.

Кондиционирование проводится при температуре окружающей среды в соответствии с ГОСТ IEC 60811-1-1-2011 пункт 9.1.3. Испытуемые образцы перед определением сечения не менее трех часов выдерживаются при температуре окружающей среды (23±5)°С при отсутствии попадания прямого солнечного излучения.

2.4. Методика статической обработки результатов эксперимента

Формулы, математические приемы, способы количественных расчетов, при помощи которых данные, полученные в ходе проведения исследований, можно приводить в систему, обобщать, выявляя скрытые в них закономерности – все это можно назвать методами статической обработки результатов эксперимента.

Аналогично проведению испытания, обработка результатов испытаний изоляции из фторопласта и ПВХ-пластиката проводится в соответствии с ГОСТ IEC 60811-1-1-2011 пункт 9.2.8. Прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве рассчитывают по пунктам 7.3 и 7.4 данного стандарта. Прочностью считается максимальное напряжение при растяжении образца при разрыве. Относительное удлинение при разрыве – это увеличение контрольной длины образца при разрыве по сравнению с контрольной длиной нерастянутого образца, выраженное в процентах. Определяется медианное значение полученных результатов, находящееся в середине ряда значений.

3. Обсуждение результатов эксперимента

Результатами испытаний фторполимерной оболочки на холодостойкость являются зависимости механических свойств, таких как предел прочности [МПа] и относительное удлинение при разрыве [%], от температуры старения.

Предел прочности на разрыв определяется:

$$\sigma = \frac{F_p}{S} \text{ МПа},$$

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

S - площадь поперечного сечения образца, мм^2:

$$S = \pi \cdot (D_{ж} - b_{из}) \cdot b_{из},$$

где $D_{ж}$ - диаметр жилы, мм;

$b_{из}$ - толщина изоляции, мм.

Относительное удлинение при разрыве определяется:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%,$$

где Δl - абсолютное удлинение образца, мм:

$$\Delta l = l_1 - l_0,$$

где l_1 - длина образца после приложения нагрузки, мм;

l_0 - длина образца до приложения нагрузки, мм.

Результаты испытаний прочности на разрыв для фторопласта и ПВХ-пластиката, старение которых проводилось при пониженных температурах, представлены в таблице и, соответственно, на рисунках 9 и 10.

Таблица 6 - Предел прочности на разрыв в зависимости от температуры старения

Температура старения,˚С	Предел прочности, МПа	
	ПТФЭ	ПВХ
20	27,7	14,3
-40	28,1	14,5
-50	28,5	14,6
-60	27,5	14,6

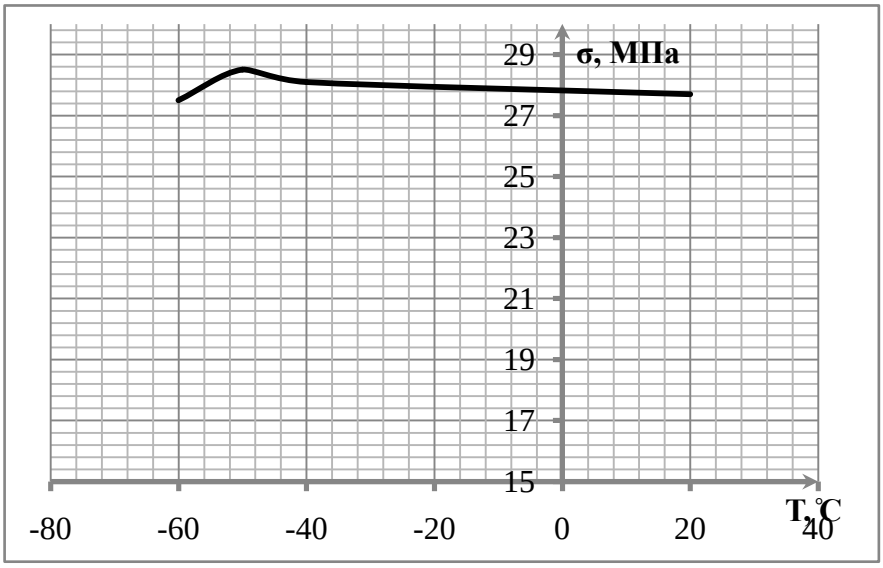

Рисунок 9 - Зависимость предела прочности σ от температуры старения Т для фторопласта

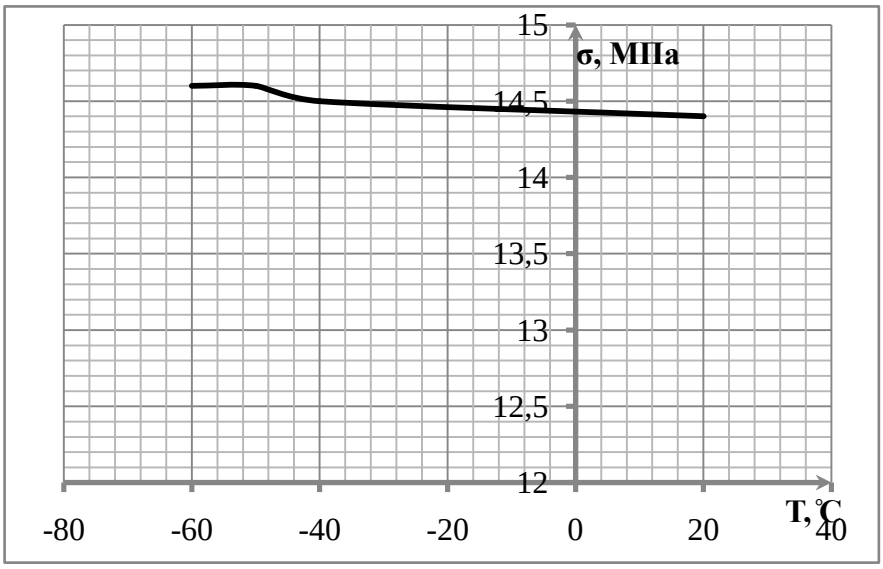

Рисунок 10 - Зависимость предела прочности σ от температуры старения Т для ПВХ-пластиката

Значения относительного удлинения представлены в таблице и, соответственно, на рисунках 11 и 12.

Таблица 7 - Относительное удлинение при разрыве в зависимости от времени старения

Температура старения,˚С	Относительное удлинение, %	
	ПТФЭ	ПВХ
20	305,9	205,8
-40	306,4	175,0
-50	304,3	177,0
-60	311,0	180,0

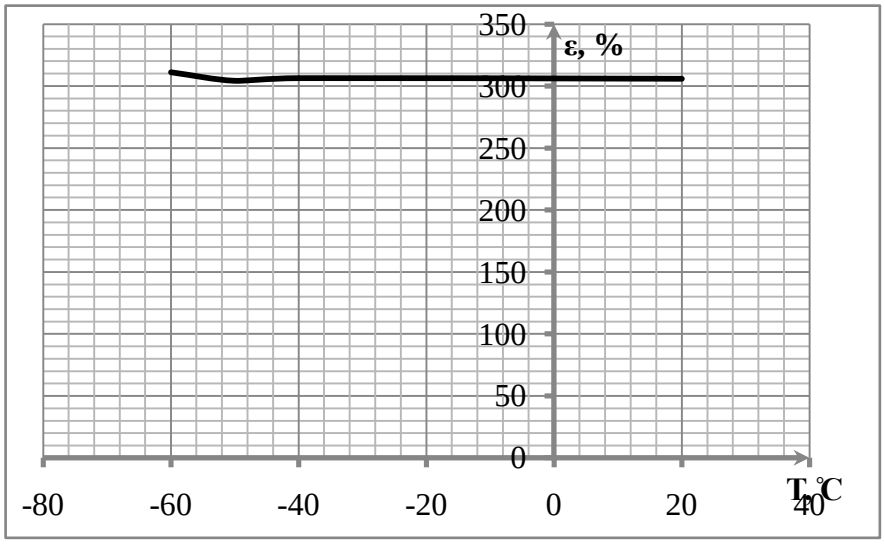

Рисунок 11 - Зависимость относительного удлинения ε от температуры старения Т для фторопласта

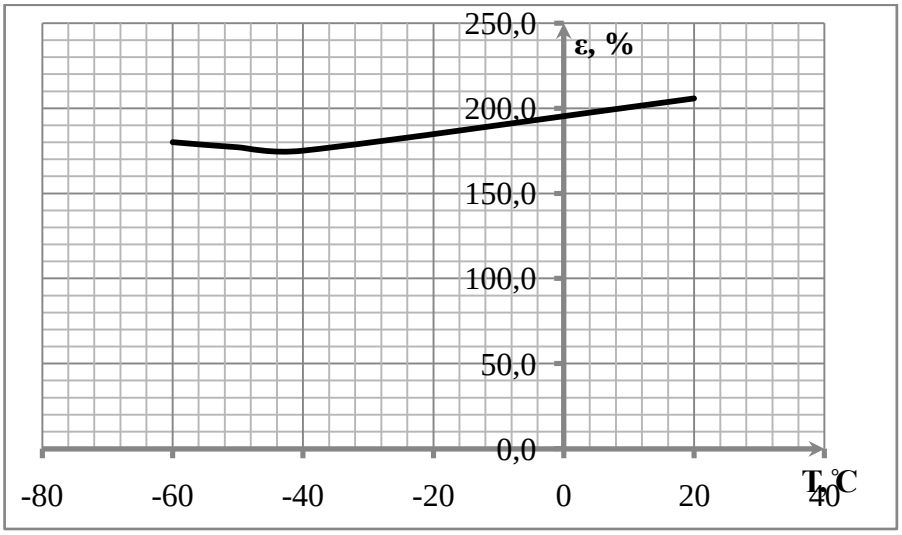

Рисунок 12 - Зависимость относительного удлинения ε от температуры Т для ПВХ-пластиката

Холодостойкостью называется предел отрицательной температуры, при которой полимер в условиях данного вида деформации не разрушается. Характерные эластические свойства полимеров объясняются гибкостью их молекулярных цепей при приложениях растягивающих сил. Упругие свойства полимеров создаются стремлением молекул под воздействием теплового движения возвращаться к их первоначальному состоянию. Поэтому степень эластичности находится в прямой зависимости от интенсивности теплового движения, то есть от температуры окружающей среды. Полимеры по мере снижения температуры постепенно переходят из эластического состояния в твердое и начинают разрушаться в механически наиболее напряженных местах с образованием характерных трещин.

На рисунках 9 и 10 представлены зависимости изменения прочности при разрыве от температуры. Как для кабеля с изоляцией из фторопласта, так и для провода с поливинилхлоридной изоляцией зависимость имеет убывающий характер. Изменение предела прочности для кабеля с изоляцией из фторопласта составила 0,7%. Абсолютное изменение составило 0,2 МПа. Для провода с изоляцией из ПВХ-пластиката изменение предела прочности составило 2,1%. Абсолютное изменение предела прочности – 0,3 Мпа.

На рисунках 11 и 12 представлены зависимости относительного удлинения от температуры. Для кабеля с изоляцией из фторопласта график зависимости изменения относительного удлинения от температуры имеет убывающий характер. Изменение относительного удлинения составило 10,5%. А для провода с изоляцией из ПВХ-пластиката график зависимости имеет возрастающий характер, причем изменение относительного удлинения составило 12,5%.

В ходе проведения эксперимента на монтажный изгиб при различных температурах (-30°С; -40°С; -50°С; -60°С), образец с изоляцией из ПВХ-пластиката не выдержал испытаний при температуре -50°С. А образец с

изоляцией из фторопласта показал устойчивость к воздействию пониженных температур, вплоть до -60°С.

Устойчивость фторопластовой изоляции главным образом связана с химическим строением, а именно с наличием многоуровневых связей. А поливинилхлорид имеет линейное строение.

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. Расчет ведется согласно [5].

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 работы

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 8.

Таблица 8 - Матрица SWOT

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

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

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

Таблица 9 - Интерактивная матрица возможностей

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

Таблица 10 - Интерактивная матрица угроз

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

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 9 и 10, 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 11.

Таблица 11 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	**№ раб**	**Содержание работ**	**Должность исполнителя**
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор научной и технической литературы	Студент-дипломник
Проведение испытаний исследуемого объекта	3	Заготовка образцов исследуемого материала	Студент-дипломник
	4	Определение условий испытания	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Испытания образцов в соответствующих условиях	Студент-дипломник , научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Студент-дипломник , Научный руководитель
Оформление отчета по научному исследованию	7	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
	8	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	9	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник , Научный руководитель
	10	Защита ВКР	Студент-дипломник

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования

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

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожi}$ - 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

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

$t_{ожi}$ - 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 12.

Таблица 12 - Календарная продолжительность работ

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

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

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 12 строим план-график проведения работ (таблица 13).

Таблица 13 - Диаграмма Ганта

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

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

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

4.3. Составление сметы затрат на разработку ТП

Смета затрат включает в себя следующие статьи:

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

4.3.1. Расчет материальных затрат

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_м = (1 + k_т) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi},$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

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

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

$k_т$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_м$), руб.
Кабель OLFLEX HEAT 205 SC	10	69	690
Кабель ПГВА-6Б	10	36	360
Кусачки	1	200	230
Бокорезы	1	500	575
Маркер	1	60	69
Линейка	1	20	23
Бумага	1	250	288
Ручка	2	15	35
Итого			*2270*

4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

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

$$З_{полн} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ - основная заработная плата;

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата.

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_р,$$

где $З_{дн}$ - среднедневная заработная плата работника, руб.;

$T_р$ - продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс}+З_{доп}+З_{р.к.}}{F_д},$$

где $З_{тс}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{доп}$ - доплаты и надбавки, руб.;

$З_{р.к.}$ - районная доплата, руб.;

$F_д$ - количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб.дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, руб.	$З_{доп}$, руб	$З_{р.к.}$, руб	$З_м$,руб	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$,раб.дн.	$З_{осн}$, руб.
Научный руководитель	17000	2550	5865	25415	1155	55	63525
Студент-дипломник	2600	390	897	3887	177	72	12744
Итого							*76269*

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$З_{осн}$, руб.	$З_{доп}$, руб.	$З_{полн}$, руб.
Научный руководитель	0,15	63525	9529	74054
Студент-дипломник	0,12	12744	1529	14273
Итого		*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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{полн},$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

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

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.

$$З_{накл} = \sum З \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ - 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 17.

Таблица 17 - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	2,3	1,6
Затраты на оплату труда	88,3	63,3
Отчисления во внебюджетные фонды	26,7	19,1
Накладные расходы	22,3	16,0
Итого	*139,6*	*100,0*

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 139,6 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 75 рабочих дней.

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

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

$$I_{\text{p}i} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где $I_{\text{p}i}$ - 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 требованиями 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 18.

Таблица 18 - 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
Итого	*1,00*	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

$$I_{\text{р}} = 5 \cdot 0{,}20 + 5 \cdot 0{,}22 + 4 \cdot 0{,}15 + 4 \cdot 0{,}18 + 3 \cdot 0{,}10 + 5 \cdot 0{,}15 = 4{,}47$$

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 139,6 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,47 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

5. Социальная ответственность

В рамках дипломного проекта были проведены исследования физико-механических свойств фторполимерной изоляции при воздействии низких температур.

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

1) Подготовка образцов для старения на холодостойкость (фторполимерная и ПВХ изоляции);
2) Испытание образцов в исходном состоянии;
3) Старение образцов при воздействии различных отрицательных температур;
4) Испытание образцов после старения.

Для проведения экспериментов использовалось следующее оборудование:

- шарнирно-губцевый инструмент (бокорезы – для нарезки образцов необходимой длины; тиски слесарные, пластина упорная и кусачки – для извлечения токопроводящей жилы);
- разрывная машина для определения механических характеристик.
- холодильная установка для старения образцов на холодостойкость

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:

– отклонение параметров микроклимата;
– повышенный уровень шума;
– недостаточная освещенность.

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

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

Основные опасные факторы:

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

Микроклимат

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

Микроклимат определяют следующие параметры:

– температура воздуха в помещении, ^{0}C;
– относительная влажность воздуха, %;
– подвижность воздуха, м/с;
– тепловое излучение, Вт/м.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека и определяются согласно [10]. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого

уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Температура воздуха является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия. Температура воздуха в помещении зависит, в основном от производственного процесса, при осуществлении которого, выделяется тепло. Экспериментальные работы, которые проводились в лаборатории, можно отнести к категории легкой физической работы Iб (производство, сидя, стоя, не требует систематического физического напряжения). Оптимальная температура воздуха в холодный период года составляет +(21÷23)°С, в теплый период не более +(22÷24)°С. 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÷60) %, что соответствует условиям метеорологического комфорта при покое или легкой физической работе.

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

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

Шум

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

Шумы в рассматриваемом помещении возникают как от внутренних источников, так и от внешних раздражителей. К внутренним источникам мы относим технику и вентиляционное оборудование. Используемая в процессе проведения исследования техника производит мало шума, поэтому в помещении достаточно использовать звукопоглощение. Чтобы уменьшить шум, который проникает в помещение извне, достаточно установить уплотнение по периметру притворов окон и дверей. Для персонала, осуществляющего работающего при легкой физической нагрузке и напряженности легкой степени эквивалентный уровень звука не должен превышать 80 дБА в соответствии с [11].

Освещение на рабочем месте

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

Выполняемая работа относится к классу «малой точности». Согласно [14] для освещения промышленных предприятий регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест – 200 Лк.

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:

- поспектральному 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;

$h_{\text{с}} = 0{,}2$ – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;

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

$h_{\text{р}} = 0{,}8$ – высота рабочей поверхности над полом, м;

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

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

Индекс помещения определяется по формуле:

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

где A- длина помещения, м;

B- ширина помещения, м;

S - площадь освещаемого помещения:

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

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

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 1530х284х155 мм.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1{,}2 \cdot 2{,}2 = 2{,}64\text{м},$$

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

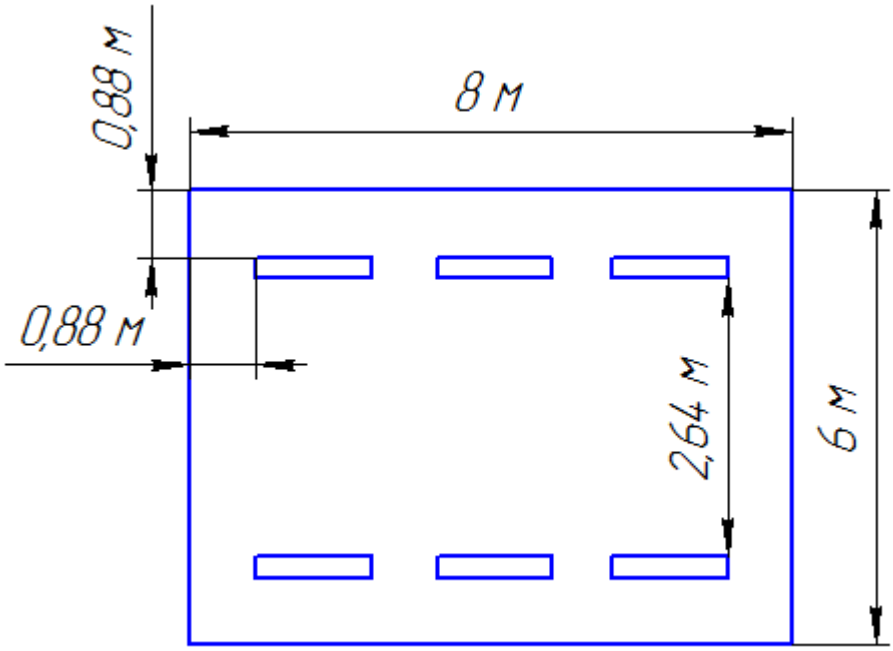

Рисунок 13 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

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

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

где $E_н = 200$ - 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.

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

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

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

Производственные помещения по степени опасности поражения людей электрическим током в соответствии с [8] 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».

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

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

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

Пожаробезопасность

Пожарная безопасность означает состояние объекта или производственного процесса, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных

ценностей. Пожарная безопасность осуществляется за счет систем предотвращения пожара, организационными и организационно-техническими мероприятиями.

По степени пожарной опасности, согласно [13], лабораторию можно отнести к категории Д, так как в ней находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

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

Причины электрического характера:

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

Причины неэлектрического характера:

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

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

К организационным мероприятиям относятся:

1. Проведение инструктажа.
2. Профилактический осмотр оборудования на предмет пожароопасности.
3. Соблюдение чистоты и порядка в лаборатории.

4. Вывешивание предупредительных плакатов, которые предостерегают о возможности возникновения пожара при несоблюдении правил санитарии.
5. Обучение сотрудников способам и приемам ликвидации пожара.

К техническим мероприятиям относятся:

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

По окончании работы в лаборатории сотрудник уходящий последним, обязан:

а) выключить прибор из сети;

б) выключить рубильник;

в) выключить освещение.

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

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

Зануление

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

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

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

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

5.3. Охрана окружающей среды

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

Процесс исследования также может иметь влияние на окружающую среду, как и объект исследования. Но в данном случае, негативные последствия могут быть вызваны только при возникновении пожара. В этом случае произойдет выброс продуктов горения за пределы производственного помещения. Помимо продуктов термического разложения используемого полимера, согласно [6] среди продуктов горения, негативно сказывающихся на экологии окружающей среды, имеют место углекислый газ (более 0,11

кг/м^3), угарный газ (более $1{,}16 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3), соляная кислота (более $23 \cdot 10^{-6}$ кг/м^3) 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 [9] 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 непревышение 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 высокою дисциплину, организованность спокойствие не поддаваться панике.

Для ликвидации последствий ЧС созданы следующие службы:

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

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.1.004-91. "Пожарная безопасность. Общие требования".
2. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие

требования безопасности.

3. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

4. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

5. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

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

7. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

8. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

9. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен литературный обзор по данной теме. В работе были рассмотрены следующие вопросы: понятие морозостойкости кабельных изделий,влияние пониженной температуры на физико-механические свойства полимерных материалов.

Результатом проделанной работы являются зависимости изменения предела прочности и относительного удлинения от температуры старения изоляции. На основании полученных данных были сделаны выводы по устойчивости полимерных материалов к воздействию холода.

Было установлено:

1. Изменение физико-механических свойств практически не зависит от температуры.
2. Изоляция, выполненная из фторопласта, показала устойчивость к воздействию пониженных температур до -60°С.

В связи с этим, можно полагать, что кабельные изделия, имеющие фторполимерную изоляцию, пригодны для использования в условиях экстремально низких температур.

Список используемых источников

1. Дикерман Д.Н., Кунегин В.С. Провода и кабели с фторопластовой изоляцией. - М.: Энергоиздат, 1982. - 144 с., ил.
2. Паншин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская Ц. С. Фторопласты. - Л.: Химия, 1978. - 229 с.
3. ГОСТ 17491-80. Кабели, провода и шнуры с резиновой и пластмассовой изоляцией и оболочкой. Методы испытания на холодостойкость.
4. ГОСТ IEC 60811-1-1-2011. Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических и оптических кабелей. Измерение толщины и наружных размеров. Методы определения механических свойств.
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебно-методическое пособие / Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. - М.: Издательство ТПУ, 2014. - 36 с.
6. ГОСТ 12.1.004-91. "Пожарная безопасность. Общие требования".
7. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.
10. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
11. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
12. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
13. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и

наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
14. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.