

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 влияния температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение полимерной изоляции

УДК 621.315.336:536.5:539.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Гришко Кирилл Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меркулов Валерий Иванович	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.О. Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	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 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Кафедра «Электротехнических комплексов и материалов»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
 Гарганеев А.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группы	ФИО
5ГЗВ	Гришко Кириллу Николаевичу

Тема работы:

Исследование влияния температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение полимерной изоляции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Справочные материалы, ТУ, ГОСТы, испытание материалов и КИ, периодические издания по теме работы
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Литературный обзор для описания существующих подходов к изучению2. Методика и программа испытания3. Испытания образцов на пробой4. Проведения анализа зависимостей механических характеристик от температуры5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение6. Социальная ответственность
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft PowerPoint

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меркулов В.И.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группы	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Гришко Кирилл Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Г3В	Гришко Кирилл 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	Обоснование и SWOT-анализ научного исследования
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):

<ol style="list-style-type: none"> 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	Гришко Кирилл Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5ГЗВ	Гришко Кириллу Николаевичу

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования	Исследование влияния температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение полимерной изоляции
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Профессиональная социальная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электромагнитные излучения; – физическая и умственная утомляемость; – концентрация вредных веществ в воздухе; – шум; – микроклимат; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – поражение электрическим током. <p>Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; – разработка решений по обеспечению экологической безопасности
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

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., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГЗВ	Гришко К.Н.		

Оглавление

Введение.....	10
1 ГЛАВА. Литературный обзор.....	12
1.1 Общее понятие о пробое.....	12
1.2 Влияние различных факторов на электрическую прочность полимеров..	14
1.1.1 Влияние температуры на электрическую прочность полимеров.....	14
1.1.2 Влияние толщины материала на электрическую прочность полимеров.....	16
1.1.3 Влияние неоднородности на электрическую прочность полимеров..	18
1.2 Виды пробоя твердого диэлектрика.....	19
1.2.1 Электрический пробой.....	19
1.2.2 Электротепловой пробой.....	20
1.3 Теоритические представления о пробое полимерных диэлектриков.....	23
1.3.1 Влияние кристалличности на пробой твердых диэлектриков.....	24
1.3.2 Теория электромеханического пробоя Старка и Гартона.....	25
1.3.3 Энергетический анализ электрической прочности твердых диэлектриков по теории Ю.Н. Вершинина.....	28
1.3.4 Электрохимический пробой.....	30
Выводы из литературного обзора.....	32
ГЛАВА 2. Методическая часть.....	33
2.1 Выбор испытательной установки.....	33
2.2 Выбор образцов и электродов для испытания на пробой и требования, предъявляемые к ним.....	34
2.3 Описание выбранной экспериментальной установки и порядок работы на установке.....	39
2.3.1 Порядок выполнения работы.....	40
2.3.2 Меры по технике безопасности.....	41
2.4 Конкретная методика испытаний, используемая в работе.....	43
2.5 Анализ погрешностей при проведении испытаний.....	44
2.5.1 Оценка погрешности измерений.....	45

3 ГЛАВА. Экспериментальная часть.....	46
3.1 Обработка экспериментальных данных.....	52
3.2 Обсуждение экспериментальных данных	56
Выводы по работе	57
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	58
4.1. Обоснование и SWOT-анализ научного исследования.....	58
4.2. Планирование научно-исследовательской работы.....	61
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	62
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения научного исследования...	63
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	65
4.3. Составление сметы затрат на разработку научного исследования.....	67
4.3.1. Расчет материальных затрат.....	67
4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы.....	68
4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды.....	70
4.3.4. Накладные расходы.....	70
4.3.5. Формирование сметы затрат научного исследования.....	71
4.4. Определение ресурсоэффективности исследования	71
Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	74
Аннотация	74
5.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.....	76
5.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	77
5.2.1 Электромагнитные излучения.....	77
5.2.2 Электрический ток.....	79
5.2.3 Психофизиологические факторы.....	82
5.2.4 Химические факторы.....	83
5.2.5 Микроклимат.....	84
5.2.6 Шум.....	85
5.3 Экологическая безопасность	87

5.3.1	Анализ влияния исследования на окружающую среду.....	87
5.3.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.....	87
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	89
5.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникать в лаборатории при проведении исследований.....	90
5.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	91
5.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	95
5.5.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	95
5.5.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.....	100
5.5.2.1	Эргономические требования к рабочему месту исследователя .	100
	Вывод по главе	104
	Список использованных источников	105

Введение

Известно, что под действием электрического поля в процессе эксплуатации, особенно при высокой температуре, диэлектрики (электрическая изоляция) ухудшают свои свойства – происходит электрическое старение в результате которого, как правило, увеличивается значение тангенса угла диэлектрических потерь, уменьшается сопротивление изоляции, ухудшаются другие диэлектрические характеристики. Все это в конечном итоге может привести к снижению пробивной напряженности и к пробоем диэлектрика (выходу изоляции или диэлектрической детали из строя).

Выяснение основных закономерностей процесса электрического старения изоляции, причин вызывающих это представляет важную практическую задачу с точки зрения повышения работоспособности электроизоляционных конструкций. Это в полной мере относится и к кабелям с этилен-пропиленовой изоляцией, используемых для питания нефтепогружных насосов. Повышение эксплуатационной надежности таких кабелей является актуальной задачей, что подтверждается постоянным вниманием к данному вопросу производителей этих кабелей.

Это послужило основой для постановки данной работы в соответствии с запросом ЗАО «Сибкабель». В качестве основных задач данной работы является выяснение основных закономерностей влияния деформации изоляции кабеля, возникающей в процессе эксплуатации на величину кратковременного пробивного напряжения для выяснения причин отказа изоляции.

Целью данной работы является выяснение различных факторов, оказывающих влияние на величину кратковременного пробивного

напряжения макетных образцов провода с этилен пропиленовой изоляцией.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Оценить воздействие температуры предварительной деформации
- 2) Оценить воздействие величины этой деформации
- 3) Оценить воздействие температуры в процессе испытания
- 4) Провести анализ полученных результатов
- 5) Разработать рекомендации по определению ресурса полимерной изоляции

1 ГЛАВА. Литературный обзор

1.1 Общее понятие о пробое

Электрическая изоляция не может выдерживать приложенного к ней неограниченно высокого напряжения. Если продолжать повышать напряжение, то в конечном итоге произойдет пробой; в следствии ток утечки через изоляцию экспоненциально возрастает, а сопротивление изоляции снижается. В итоге практически получается КЗ между электродами, с помощью которых подводится напряжение к изоляции. Схематически вольт – амперная характеристика изоляции может быть представлена графиком рис 1.

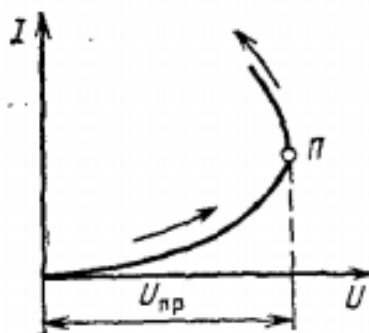


Рис. 1 – Зависимость тока от напряжения при пробое диэлектрика;

Точка π графика - для $needl/dU = \infty$, является пробоем. Наивысшее значение напряжения $U_{пр}$, которое было приложено к изоляции в момент пробоя, называется **пробивным напряжением**. В месте пробоя возникает искра или электрическая дуга, которая может вызвать оплавление, обгорание, растрескивание и другие изменения как диэлектрика, так и электродов.

Пробивное напряжение зависит от толщины изоляции h – расстояние между электродами; чем толще слой электроизоляционного материала,

тем выше $U_{пр}$ этого слоя. Слои одной и той же толщины различных материалов имеют различные значения $U_{пр}$, что дает основание для введения показателей свойств диэлектрического материала, определяющих его способность противостоять пробой - электрической прочности $E_{пр}$. Электрическая прочность диэлектрика напряженность электрического поля, при достижении которой в какой-либо точке диэлектрика происходит пробой. Для простейшего случая однородного электрического поля в диэлектрике:

$$E_{пр} = U_{пр}/h; \quad (1)$$

В большинстве случаев при возрастании h значение $E_{пр}$ уменьшается, т. е. $U_{пр}$ возрастает с увеличением толщины не линейно, а медленнее (рис. 1.2).

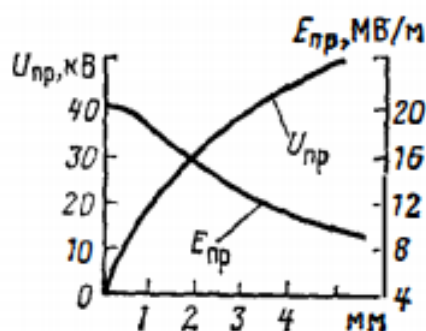


Рис. 2 - Зависимость пробивного напряжения $U_{пр}$ и электрической прочности $E_{пр}$ от толщины. Частота 50 Гц;

Электрическая прочность — характеристика диэлектрика, минимальная напряжённость электрического поля, при которой наступает электрический пробой. Все газы, а также все твёрдые и жидкие диэлектрики обладают конечной электрической прочностью.

В своем развитии пробой твердых диэлектриков проходит две стадии: подготовительную – это стадия потери электрической прочности и завершающую – стадия разрушения.

1.2 Влияние различных факторов на электрическую прочность полимеров

Рассмотрим влияние различных факторов на электрическую прочность.

1.2.1 Влияние температуры на электрическую прочность полимеров

Зависимость электрической прочности полимеров от температуры, получены в однородном поле для образцов изображены на рисунке (2), из которых видно, что в области низких температур полярные полимеры имеют, как правило, более высокую электрическую прочность ($11 * 10^8 - 15 * 10^8 \text{В/м}$), чем неполярные $5 * 10^8 - 7 * 10^8 \text{В/м}$. С повышением температуры значение $E_{пр}$ у большинства полимеров сначала изменяется незначительно, а затем резко уменьшается (в 2 – 5 и более раз при достижении температуры стеклования – для аморфных полимеров или температуры плавления – для кристаллических полимеров).

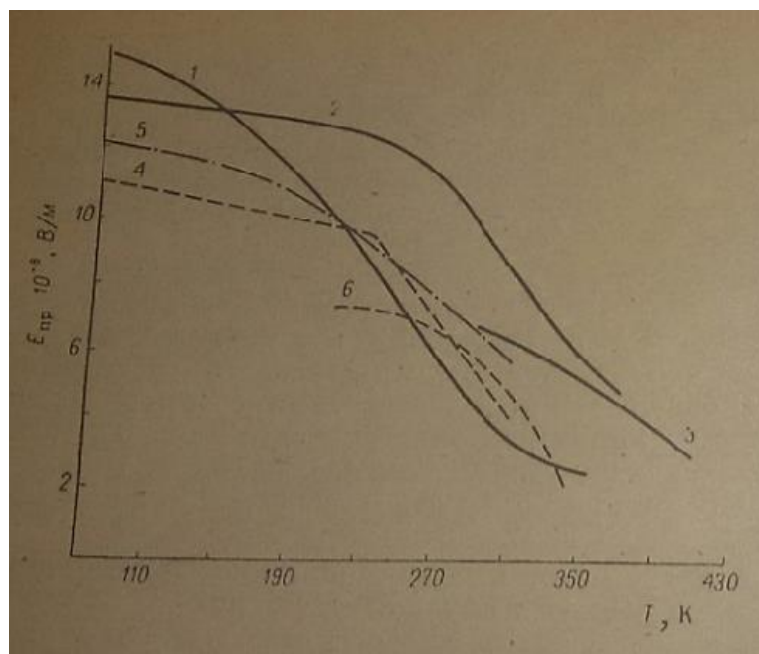


Рис. 3 – Зависимость электрической прочности полярных полимеров от температуры;

1 – поливиниловый спирт; 2 – полиметилакрилат; 3 – эпоксидная смола; 4 – хлорированный полиэтилен; 5 – поливинилхлоридацетат; 6 – полиамид;

Зависимость электрической прочности от температуры может меняться, если в результате соответствующей обработки увеличить жесткость полимера. Например, полиэтилен сшивается под действием облучения, что приводит к увеличению его модуля упругости и к возрастанию электрической прочности при повышенных температурах рисунок (4).

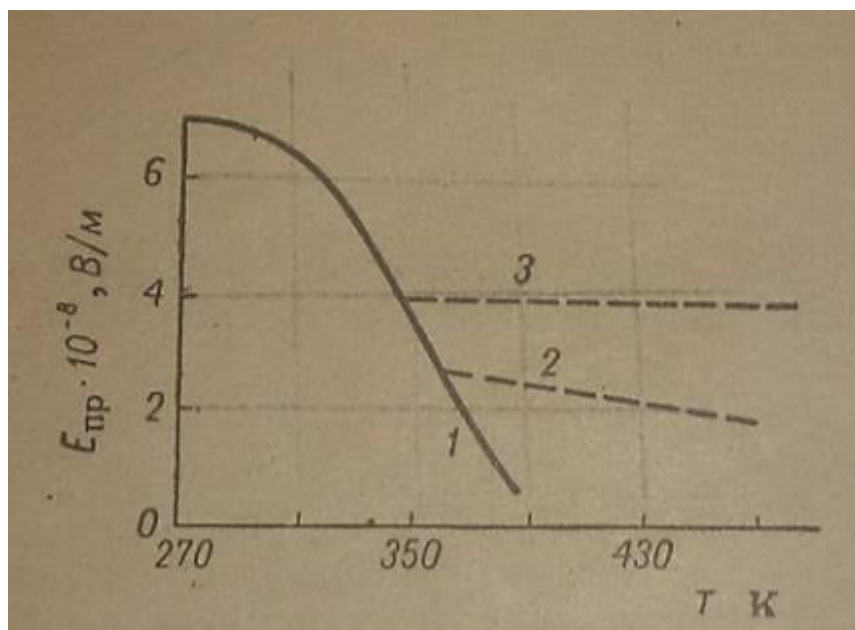


Рис. 4 – Влияние облучения на зависимость электрической прочности полиэтилена от температуры

1 – необлучаемый полимер; 2 – доза облучения 1.5 МДж/кг; 3–доза облучения 3 МДж/кг;

1.2.2 Влияние толщины материала на электрическую прочность полимеров

Как видно из рисунка (5) для обоих видов напряжений максимальное и средние значения $E_{пр}$ возрастают на 20 – 40% с уменьшением h от 450 до 25 мкм, тогда как минимальное значение $E_{пр}$ практически не зависят от h . Более резкое возрастание $E_{пр}$ с уменьшением h от 30 до 5 мкм для образцов из полиметилметакрилата и целлулоида: значение $E_{пр}$ с уменьшением вероятности пробоя 0.9, в этом интервале толщины увеличивалось в 3 раза для целлулоида и в 1.6 раза для полиметилметакрилата.

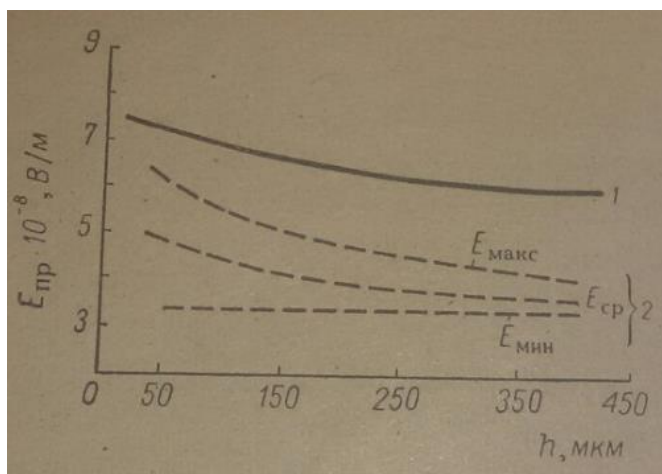


Рис. 5 – Зависимость электрической прочности полиэтилена от толщины образцов в однородном электрическом поле;
1 – постоянный ток; 2 – пробой на импульсах;

В работе Инуиши и Пауэрса также было показано, что электрическая прочность пленок полиэтилентерефталата возрастает при уменьшении толщины от 50 до 6 мкм. Однако указанный эффект авторы получили только при 93К, когда, по их мнению, было исключено влияние дефектов (включений влаги) на электрическую прочность рисунок (6). Имеющиеся в литературе данные об электрической прочности полимерных пленок толщиной около 1 мкм и менее не являются достаточно надежными, поскольку сильное влияние на результаты пробоя оказывают дефекты в пленках.

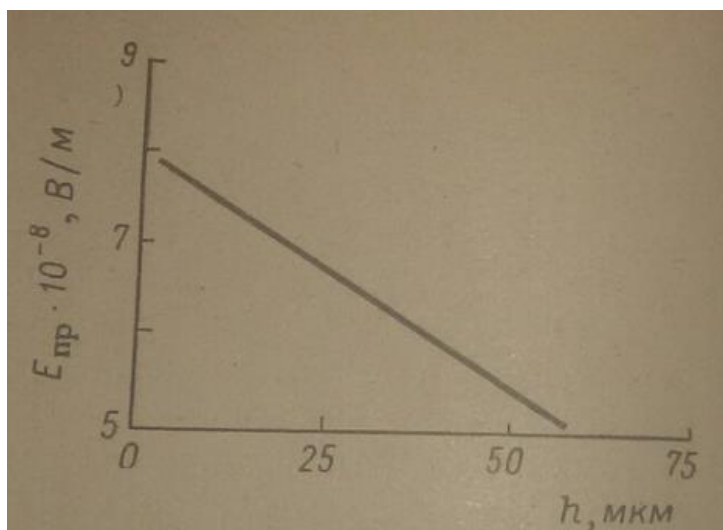


Рис. 6 – Зависимость электрической прочности от толщины образцов для полиэтилентерефталата при 93К;

1.2.3 Влияние структуры на электрическую прочность полимеров

К настоящему времени можно считать установленным, что между степенью кристалличности полимерных диэлектриков и их электрической прочностью существует взаимосвязь: электрическая прочность возрастает при увеличении степени кристалличности.

Зависимость электрической прочности от степени кристалличности осложняется влиянием сферолитов.

Создание мелкосферолитной структуры введением специальных добавок или с помощью термообработки способствует увеличению электрической прочности и наоборот, образцы с крупными сферолитами, как это было показано С.Н. Колесовым для полиэтилена и полипропилена, имеют пониженную электрическую прочность рисунок (7).

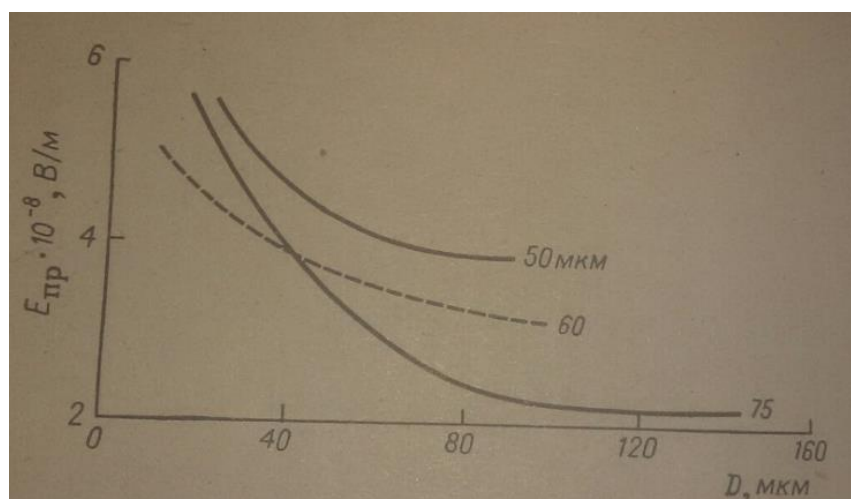


Рис. 7 – Зависимость электрической прочности пленок полипропилена и полиэтилена от среднего размера сферолитов при различной толщине образцов;

Таким образом, анализ экспериментальных данных по пробоям полимерных диэлектриков, изложенных выше, показывает, что закономерности пробоя могут быть описаны на основе трех основных форм пробоя твердых диэлектриков:

- 1) Электрический;
- 2) Тепловой;
- 3) Электрохимический.

Все указанные механизмы пробоя могут иметь место в одном и том же материале в зависимости от характера электрического поля, в котором он находится – постоянного, импульсного, переменного; времени воздействия напряжения; наличия в диэлектрике дефектов (в частности закрытых пор), толщины материала, условий охлаждения и т.д.

1.3 Виды пробоя полимерного твердого диэлектрика

1.3.1 Электрический пробой

В настоящее время электрическая форма пробоя может быть объяснена с позиций теории развития ударной ионизацией, теория Хиппеля – Каллена. Ее критерием является условие, достаточное для образования лавины электронов в процессе ударной ионизации, образуемой медленными электронами. Энергия таких электронов растет до энергии ионизации в результате нескольких столкновений с нейтральными атомами и молекулами в электрическом поле за время свободного пробега между двумя столкновениями:

$$W_e = mv^2/2 = 4hv \quad (2)$$

Фрелих, в отличие Хиппеля, предполагает, что в твердом диэлектрике вследствие тепловых флуктуаций возможно появление быстрых электронов, в том числе с энергией, равной энергии ионизации и большей. Исходя из этого, Фрелих считает, что нарушение электрической прочности обусловлено ускорением именно тех электронов, которые при отсутствии поля обладали энергией, близкой к энергии ионизации, т.е. обусловлено быстрыми электронами.

В соответствии с критериями пробоя по Хиппелю и Фрелиху значения пробивной напряженности по Хиппелю будут выше, чем по теории Фрелиха. Этот вывод согласуется с физическими предпосылками обеих теорий. Следует отметить, что обе теории формулируют лишь условия возникновения ударной ионизации, но не рассматривают сам механизм ударной ионизации и формирование электронной лавины. Не рассматривают они и функцию распределения электронов по скоростям. Также невозможно по этим теориям оценить влияние времени старения диэлектриков в электрическом поле и неоднородность самого диэлектрика.

1.3.2 Электротепловой пробой

Тепловая форма пробоя связана с нарушением теплового равновесия между процессами тепловыделения и теплоотдачи в диэлектрике. В результате диэлектрических потерь диэлектрик нагревается и происходит процесс тепловыделения.

Тепло образующееся в результате теплового пробоя выделяется в окружающую среду, благодаря конвекции воздуха и процессам

теплопроводности токопроводящих частей — происходит теплоотдача. Процесс теплопередачи выражается формулой Ньютона:

$$P_T = \sigma \cdot S \cdot (T - T_0) \quad (3)$$

где σ — коэффициент теплоотдачи, S — площадь поверхности диэлектрика, T — температура поверхности диэлектрика, T_0 — температура окружающей среды.

Формула условия теплового равновесия имеет вид:

$$U \cdot \omega \cdot C \cdot \operatorname{tg} \delta = \sigma \cdot S \cdot (T - T_0) \quad (4)$$

В связи с нарушением равновесия между процессами тепловыделения и теплоотдачи, когда тепловыделение превышает теплоотдачу, диэлектрик нагревается, это приводит к тепловому разрушению материала и потере электрической прочности. Ну и конечно геометрия электрода чем больше поверхность тем больше толщина условия теплоотдачи меняется т.е закономерности для электрической формы и для тепловой они совершенно разные.

В одной из теорий теплового пробоя, Фока В.А и Семенова Н.Н, для однородного диэлектрика, находящегося между плоскими электродами бесконечных размеров в случае переменного напряжения рисунок (8).

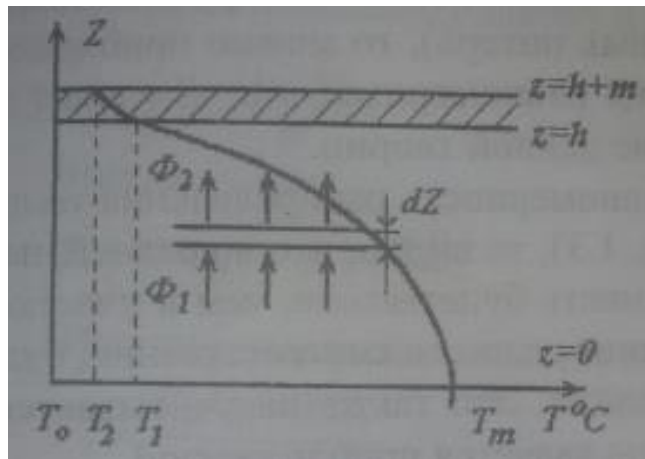


Рис 8. – Распределение температуры в твердом диэлектрике и электроде

Под действием электрического поля, направленного вдоль оси Z в диэлектрике возникают диэлектрические потери, вызывающие его нагрев. Учитывая бесконечные размеры диэлектрика и электродов в продольном направлении, теплоотвод будет происходить от внутренних слоев диэлектрика к электродам, а от электродов во внешнюю среду, т.е. в направлении оси Z . Условие пробоя, как и в теории Вагнера, считается нарушением теплового равновесного состояния системы. Если в объеме диэлектрика выделить тонкий слой толщиной dz , то тепловой поток Φ_2 , выходящий из этого слоя, будет отличаться от теплового потока Φ_1 , входящего в этот слой на количество тепла, выделяемого в данном слое за счет диэлектрических потерь. Следовательно, можно записать

$$-k(dT/dz)_2 = -k(dT/dz)_1 + \gamma E^2 dz(5)$$

Где k – коэффициент теплопроводности диэлектрика, E – напряженность электрического поля, γ – активная проводимость диэлектрика;

1.4 Теоретические представления о пробое полимерных диэлектриков

В работе Артбауэра предпринимается попытка объяснить зависимость $E_{пр}$ от температуры и длительности импульса напряжения с учетом свободного объема в полимере. По представлениям Артбауэра, часть своего пути электроны в полимере проходят в пределах свободного объема, не испытывая существенного торможения на колебаниях решетки. Тогда величина $E_{пр}$ оказывается обратно пропорционально длине пути электрона в пределах свободного объема.

Экспериментально полученная зависимость $E_{пр} = f(T)$ оказалась весьма близкой к рассчитанным кривым в особенности полиэтилена и полиметилметакрилата в интервале от 273 до 313 К рисунок (9).

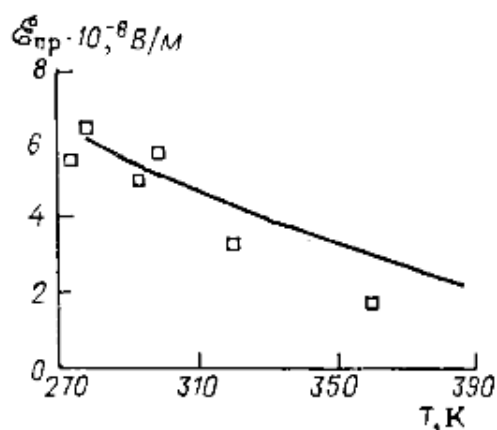


Рис. 9 - Сопоставление расчетной температурной зависимости электрической прочности полиэтилена и экспериментальных результатов Артбауэра;

Теория Артбауэра позволяет объяснить влияние температуры на $E_{пр}$, поскольку при увеличении температуры свободного объема за счет теплового расширения будет возрастать. На эту величину будут оказывать влияние пластификаторы материала.

1.4.1 Влияние кристалличности на пробой твердых диэлектриков

С.Н.Колесов, изучая влияние размеров надмолекулярных образований на электрическую прочность полимеров установил, что мелкосферолитовая структура способствует увеличению электрической прочности. С увеличением диаметра сферолитов электрическая прочность полимерных образцов снижается рисунок (10).

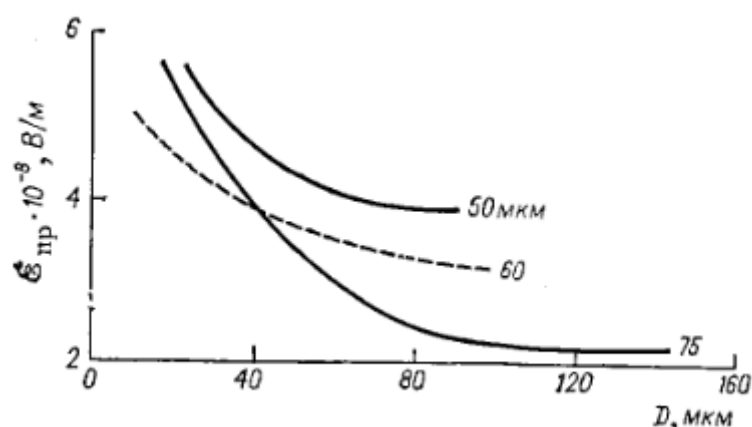


Рис.10 -влияние электрической прочности пленок полипропилена (-) и полиэтилена (---) от среднего размера сферолитов при различной температуре образцов;

Специальные области сферолитов имеют повышенную электрическую прочность и обнаруживают меньший разброс значений. В образцах со сферолитным строением каналы пробоя преимущественно ориентируются по границам сферолитов, поскольку в межсферолитном пространстве увеличивается дефектность упаковки, и появляются микротрещины. Изменение размеров сферолитов по - разному влияет на $E_{пр}$ сферолитов и межсферолитных прослоек. Как видно изрисунка (10), с ростом диаметра сферолитов D электрическая прочность межсферолитных прослоек падает сначала быстро, а затем начиная с $D = 200$ мкм, более медленно. Значение $E_{пр}$ самих сферолитов, не имеющих видимых

микроскопом дефектов, не зависят от их размеров и составляет для полипропилена примерно $7 * 10^8 \text{ В/м}$. Размер надмолекулярных образований влияет на величину $E_{пр}$ в случае не только кристаллических, но и аморфных полимеров. Наличие неоднородности надмолекулярной организации и укрупненных глобул в образцах приводит к снижению $E_{пр}$ аморфных полимеров.

1.4.2 Теория электромеханического пробоя Старка и Гартона

Не отрицая возможности развития пробоя твердых диэлектриков за счет развития ударной ионизации электронами, Старк и Гартон обратили внимание в своих работах на факт подобия температурной зависимости электрической и механической прочности полимеров. Исходя из этого они выдвинули предположение, что пробой полимеров вызывается электростатическими силами сжатия, под действием которых податливый полимерный диэлектрик сдавливается под электродом силой

$$F = \frac{\epsilon * U^2}{8\pi * d^2} \quad (6)$$

За счет этого толщина уменьшается настолько, что произойдет чисто электрический пробой при уменьшенной толщине, когда будет достигнута критическая напряженность поля. В соответствии с законом Гука для больших напряжений критерием разрушения будет являться условие

$$\frac{\epsilon}{8\pi} * \left(\frac{U}{d}\right)^2 = \gamma * \ln \frac{d_0}{d_1} \quad (7)$$

где d_0 - начальная толщина диэлектрика;

d_1 – уменьшенная (равновесная) толщина;

γ – модуль Юнга.

Решая данное уравнение относительно d_1 найдем условие, когда произведение $d_1^2 * \ln \frac{d_0}{d_1}$ имеет максимальное значение. Это соответствует условию

$$\frac{d_1}{d_0} = \exp(-0.5) \Rightarrow 0.6 \quad (8)$$

Таким образом при значении $d_1 < 0.6 * d_0$ толщина образца уже не может быть стабильной и наступает разрушение материала из – за механических деформаций т.е продавливания. При этом в месте продавливания напряженность поля резко возрастает и происходит развитие разряда за счет ударной ионизации.

Из рисунка (11) видно, что характер этих зависимостей подобен. При облучении полиэтилена происходит сшивка макромолекул, за счет чего происходит «ужесточение» структуры и тем самым снижается возможность его деформации силами электрического поля. Это приводит к увеличению электрической прочности. При этом возрастает и модуль Юнга.

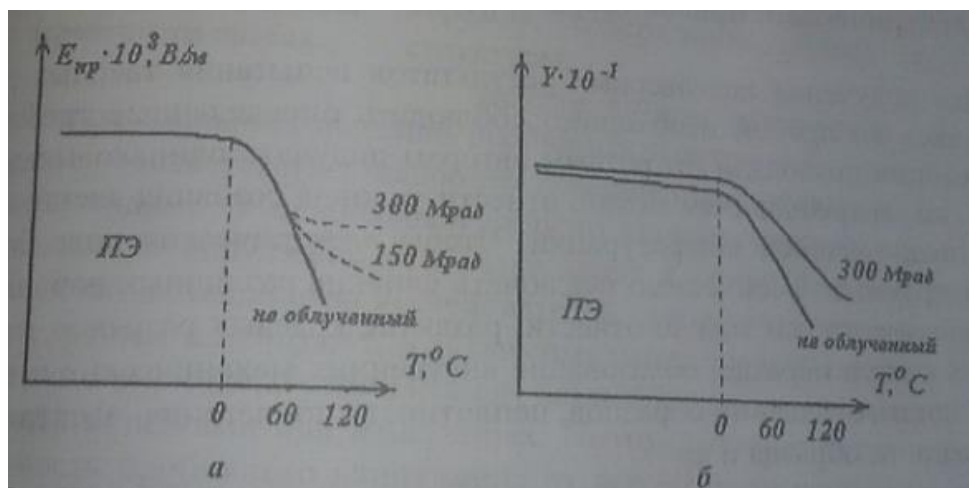


Рис. 11 – Зависимость электрической прочности (а) и модуля Юнга (б) от температуры для облученного и необлученного полиэтилена;

Отмечая малую вероятность деформации полимера по всему объему под электродом, в работах Л.Гранда сделана попытка развить эту теорию. Он считает, что такая электромеханическая деформация имеет локальный характер и развивается там, где имеется высокая локальная напряженность поля. Такая высокая локальная напряженность поля будет иметь место в участках расположения неоднородности структуры полимера. Именно в месте расположения неоднородности происходит продавливание полимера с образованием углубления, как показано на рисунке (12). В дальнейшем развитие пробоя происходит по тому же механизму, как показано в работах Старка и Гартена. Однако все теории дают только качественную оценку и не позволяют производить расчет.

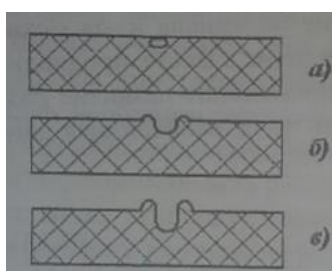


Рис. 12 – Схема развития электрохимической деформации по Л.Гранду;

1.4.3 Энергетический анализ электрической прочности твердых диэлектриков по теории Ю.Н. Вершинина

В качестве энергетической характеристики, позволяющей связать электрическую прочность диэлектриков с их свойствами, Ю.Н. Вершинин предлагает использовать энергию каналообразования A_c^0 . При этом он исходил из предположения, что механизм прорастания разряда в твердом диэлектрике заключается в перерождении вещества диэлектрика в состояние, аналогичное по составу и свойствам плотной газовой плазме. Им было показано, что это перерождение вещества происходит в условиях, когда рассматриваемая система может быть отнесена к адиабатическому типу. Опираясь на эти представления, им была рассмотрена степень участия в процессе разряда различных типов носителей тока (электронов и дырок). Эти представления позволили в конечном итоге термодинамически определить величину работы, совершаемую этими носителями тока на каналообразование, и сформулировать критерий пробоя

$$\xi_c^0 = A_c^0(9)$$

A_c^0 – удельная работа (ее тепловой эквивалент), совершаемая носителями тока в процессе образования первичного канала пробоя;

Это условие внешне тождественно условию пробоя в теориях Хиппеля и Фрелиха $A = B$, где A – энергия, приобретаемая носителями тока, а B – энергия, теряемая носителями тока на тепловых колебаниях атомов

Н.Ю. Вершинин так же получил уравнение

$$N_{min} = 1.8 * 10^{13} * T * A_c^0 * \frac{a*d^2}{E_{пр}} \quad (10)$$

T – температура;

a – коэффициент ударной ионизации электронами и дырками;

d – толщина диэлектрика;

которое позволяет оценить минимальное число носителей тока, участвующих в процессе формирования заряда.

Статистическая обработка данных по импульсной электрической прочности твердых диэлектриков показала, что экспериментальные значения $E_{пр}$ могут быть аппроксимированы эмпирическим уравнением вида

$$E_{пр} = K * K_B * (A_c^0)^{1.1} \exp\left(\frac{a}{b+lgt} + \frac{m}{n+lgt}\right) \quad (11)$$

Где $E_{пр}$ – электрическая прочность диэлектрика;

K – коэффициент пропорциональности, зависящий от толщины диэлектрика;

t – время действия напряжения;

K_B – вероятность пробоя;

A_c^0 – энергия канала образования

a, b, n, m – некоторые постоянные

На основе данной теории логично производить расчеты электрической прочности, которые совпадают с экспериментальными значениями.

Развитие пробоя зависит не только от этих факторов, но и от длительности приложенного напряжения. При длительном приложенном напряжении происходит старение, так называемый электрохимический пробой.

1.4.4 Электрохимический пробой

Электрохимический пробой возникает в результате электрического старения диэлектрика под воздействием окружающей среды. Воздействие внешних факторов приводит к протеканию в диэлектрике необратимых химических процессов, в результате воздействия физико-химические характеристики материала ухудшаются и увеличивается $\text{tg}\delta$ это оказывает влияние на его электрическую прочность от T , ω , времени воздействия напряжения и т.д.

В настоящее время считается что одним из основных механизмов электрохимического пробоя является действие частичного разряда.

Частичный разряд – это электрический разряд, длительность которого составляет единицы-десятки наносекунд. Частичные разряды появляются в слабом месте диэлектрика (воздушные включения, граница раздела слоев в слоистом диэлектрике, различные дефекты структуры) под воздействием переменного напряжения и приводят к постепенному развитию дефекта и разрушению изоляции.

Вследствие частичных разрядов возникает эрозия – уменьшение толщины пленки в области воздействия разрядов. Эрозия сопровождается газовыделением, причем на поверхности полимера в области эрозии обнаруживаются как жидкие, так и кристаллические продукты электрохимических реакций. При исследовании инфракрасных спектров

полимеров, подвергнутых ионизационному старению, обнаруживается появление новых полос поглощения. Все это говорит о том, что при старении полимеров происходит изменение их структуры – деструкция. Скорость развития деструкции зависит от интенсивности частичных разрядов, которая повышается с частотой. Поэтому с ростом частоты испытательного напряжения долговечность изделий из полимера уменьшается.

Под действием частичных разрядов (ЧР) могут происходить следующие процессы:

Образование газообразных продуктов ионизации - озона, окислов углерода, окислов азота, паров воды и др.

Химическое разрушение диэлектрика под действием продуктов ионизации, сопровождаемое разрывом химических связей, образованием свободных радикалов, появлением поперечных связей (сшиванием) между макромолекулами, образованием новых групп (карбокисильные, эфирные) в составе макромолекул полимера, а также углерода и др. Эти изменения прослеживаются с помощью ИК-спектроскопии.

Непосредственное воздействие на диэлектрик бомбардировки ионами и электронами, действие излучения, образуемыми при ЧР.

Повышение локальной напряженности электрического поля и температуры, возникающие в зоне ЧР.

Эрозия диэлектрика, ведущая к уменьшению его веса и толщины.

Указанные факторы вызывают изменение свойств диэлектрика, определяют механизм его старения и приводят к снижению напряжения начала ионизации. Роль тех или иных факторов может быть различной в каждом конкретном случае случаев в зависимости от вида диэлектрика и условий испытаний.

Выводы из литературного обзора

1) На основании литературного обзора можно сделать вывод, что на электрическую прочность могут оказывать множество факторов: температура, структура, наличие дефектов, наличие деформации и т.д.

2) Показано, что существующие экспериментальные данные могут быть объяснены с позиций различных теорий пробоя.

3) Выяснение основных закономерностей в развитии пробоя с учетом воздействия различных факторов всегда представляют актуальную задачу, позволяющую разработать мероприятия которые способны повысить период работоспособности полимерной изоляции.

В этом плане тема моей работы исследование влияния температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение полимерной изоляции актуальна, актуальность заключается в том, что работа выполнялась по заданию ЗАО «СИБКАБЕЛЬ» для уточнения механизма пробоя полимерной изоляции на основе пропилена для кабелей, применяемых для питания нефтепогружных насосов.

ГЛАВА 2. Методическая часть

2.1 Выбор испытательной установки

Для высоковольтных электротехнических конструкций, работающих на переменном напряжении, наибольший интерес представляет рассмотрение методов испытания диэлектриков на пробой на переменном напряжении, что послужило основой выбора испытательной установки.

Измерение $U_{пр}$ производят с помощью испытательных установок (рисунок 13), содержащих устройство 1 для плавного регулирования напряжения, испытательный трансформатор 2 для повышения напряжения, камеру 5, в которую помещается испытуемый образец 3 с электродами, и другие элементы. Регулирование напряжения должно быть плавным, так чтобы изменения (скачки) его не превышали 0,005 номинального напряжения трансформатора. Рекомендуется повышать напряжение автоматически. Мощность испытательной установки должна быть достаточной для того, чтобы установившийся ток короткого замыкания (действующий) на стороне высокого напряжения был не менее 40 мА при испытании жидких диэлектриков. Первичная цепь трансформатора снабжается выключателем 6, автоматически срабатывающим при пробое образца, и сигнальной лампой 4.

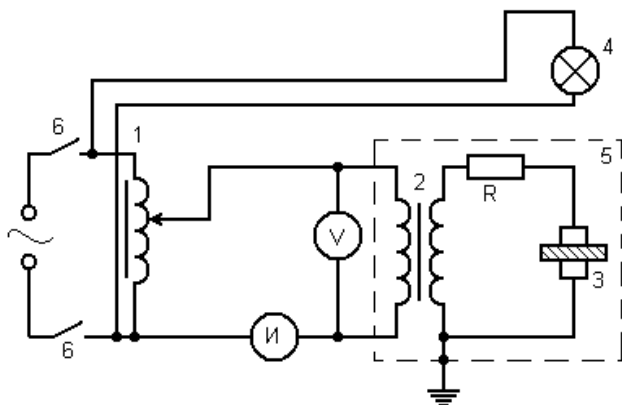


Рисунок 13 – Принципиальная схема для измерения $U_{пр}$ на переменном напряжении

Установка должна быть снабжена устройством для плавного повышения напряжения при определении электрической прочности. Источник питания установки, регулирующее устройство и трансформатор должны обеспечивать на образце синусоидальную форму кривой напряжения; коэффициент амплитуды (отношение максимального значения амплитуды к действующему) испытательного напряжения должен быть в пределах 1,34 – 1,48. Частота должна составлять 50 Гц; допускается отклонение $\pm 0,5$ Гц. Кроме того, регулировочное устройство должно обладать достаточной мощностью, простотой и эксплуатационной надёжностью.

В момент пробоя в образце протекает ток короткого замыкания, вызывающий значительную перегрузку трансформатора. Для защиты последнего в цепи низкого напряжения предусматривается автоматическое устройство, отключающее питание после пробоя. Время срабатывания такого устройства не должно превышать 0,02 с.

Особенно важно быстро отключить напряжение при испытаниях жидких материалов, так как в некоторых из них после первого пробоя образуются продукты разложения, существенно снижающие пробивное напряжение жидкости при последующих пробоях.

2.2 Выбор образцов и электродов для испытания на пробой и требования, предъявляемые к ним

При определении электрической прочности диэлектриков чаще используют систему электродов и форму образцов, создающих однородное электрическое поле. В этих условиях пробивная напряженность является мерой электрической прочности диэлектрика, являющейся определенной физической характеристикой вещества. При

неоднородном электрическом поле процесс пробоя протекает намного сложнее, и пробивное напряжение данного образца диэлектрика значительно труднее связать с его электрической прочностью.

Требования, предъявляемые к форме образцов и электродов.

Определение $E_{прв}$ в направлении, перпендикулярном к поверхности или слоям (для слоистых материалов), производят на плоских, фасонных, трубчатых и ленточных образцах (рисунок 14). Плоские образцы должны иметь диаметр 25 – 150 мм, для квадратных образцов эти размеры относятся к стороне квадрата. Трубчатые образцы могут иметь длину 100 – 300 мм. На диаметр трубки ограничений не налагается. Форма и размеры (указанные выше) оговариваются в стандарте на материал. Если размер не оговаривается, то следует использовать наибольший размер. В тех случаях, когда толщина образцов не позволяет определить электрическую прочность в направлении, перпендикулярном к поверхности, применяют фасонные образцы (рисунок 14 – б и з)

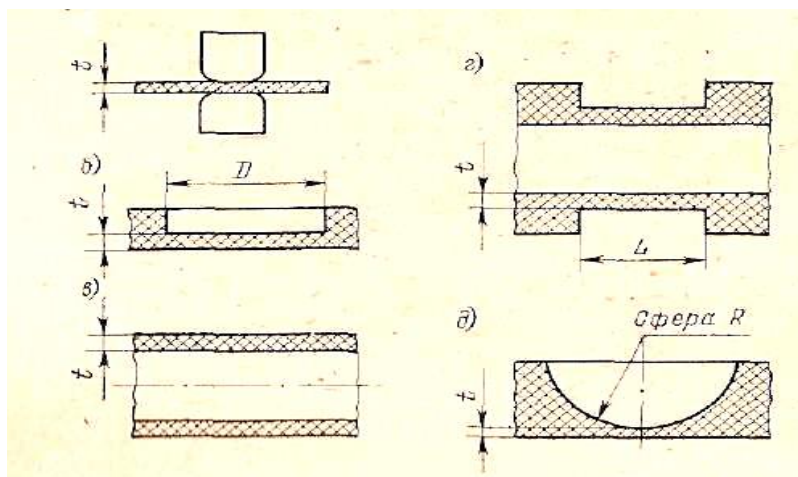


Рис.14 – Образцы твердых изоляционных материалов:

- a* – плоский; *б* – плоский с цилиндрической выточкой; *в* – трубчатый;
- г* – трубчатый с проточкой; *д* – плоский со сферической выточкой

При использовании ленточных материалов в качестве образца берется отрезок ленты шириной 15 – 35 мм, длину отрезка ленты выбирают в соответствии с длиной полоскового электрода.

Во всех случаях размеры образцов должны быть до испытаний измерены. Погрешность измерения толщины t не должна превышать $\pm (0,01t + 0,002)$ мм. Разброс по толщине образца не должен быть больше 2% при $t \geq 0,5$ мм и 5% при $t < 0,5$ мм.

Число образцов должно быть не менее десяти.

Электроды для испытаний твердых диэлектриков должны удовлетворять общим требованиям:

1. Электрод должен обладать высокой проводимостью и обеспечивать хороший электрический контакт по всей поверхности соприкосновения с образцом без воздушных прослоек между ними.

2. В условиях испытания электрод не должен влиять на испытуемый образец (деформировать его, оказывать химическое воздействие).

3. Электрод не должен изменять свою форму и размеры, а также претерпевать какие – либо физические или химические изменения в процессе испытания (плавиться, окисляться и т. п.).

4. Электрод должен быть таким, чтобы его было легко наносить и удобно применять при испытаниях.

При определении E_{np} могут применяться массивные металлические электроды, пленочные (осажденные путем распыления или вжигания) и графитовые. Во всех случаях необходимо обеспечить хороший контакт электрода с испытуемым образцом.

Изучение зависимостей времени жизни τ от напряженности электрического поля E , частоты f и температуры t , а также кратковременного пробивного напряжения $U_{пр}$ от времени t затруднено наличием большого разброса значений τ или $U_{пр}$ при одних и тех же условиях испытаний. Кроме того, испытания по определению τ являются весьма длительными, а значения τ и $U_{пр}$ могут зависеть от конструкции испытуемых образцов. С учетом этих обстоятельств методика определения τ и $U_{пр}$ должна удовлетворять следующим требованиям: 1) для получения достоверных результатов необходимо проводить большое количество опытов по измерению τ или $U_{пр}$ с последующей статистической обработкой данных; 2) для сокращения времени испытаний требуется, чтобы испытательная конструкция была простой в изготовлении и обеспечивала одновременную или отдельную подачу напряжения па электроды нескольких десятков или сотен образцов; 3) целесообразно использовать несколько различных конструкций образцов, включая на определенных этапах исследования и макеты промышленных изделий, с тем, чтобы всесторонне выяснить влияние различных факторов на значения τ и $U_{пр}$.

При изучении закономерностей электрического старения полимерных пленок наиболее удобными оказались две конструкции электродов [4, 5]:

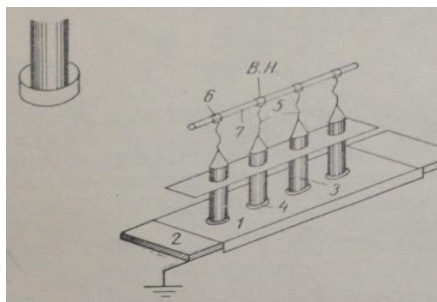


Рис.15 – Испытательная конструкция с плоским заземленным электродом

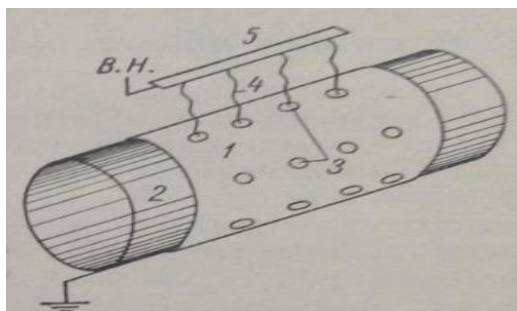


Рис.15 – Испытательная конструкция с цилиндрическим заземленным электродом

а) Полимерная пленка 1 слегка натягивалась на плоский никелевый электрод 2, который при проведении испытаний имел потенциал земли (рис. 14). К поверхности пленки с помощью стальных цилиндрических грузиков 3 весом около 5 г прижималось до тридцати и более никелевых электродов 4 в виде цилиндрических стаканчиков диаметром приблизительно 5 мм. К грузикам прикреплялись никелевые проволочки – предохранители 5, которые в свою очередь соединялись с зажимами 6, укрепленными на керамических или стеклянных стержнях 7. Высокое напряжение могло подаваться электроды в отдельности, либо одновременно на все электроды.

б) Один или несколько слоев полимерной пленки 1 наматывается на никелевый цилиндр 2 диаметром от 20 до 200мм (рис. 15), который находился при потенциале земли. К наружной поверхности испытуемого полимера прижимались с помощью дополнительного слоя пленки с отверстиями дисковые никелевые или фольговые электроды 3 диаметром 2мм (иногда до 50мм), так что электроды оказывались против отверстий в пленке. К дисковым электродам были приварены никелевые проволочки – предохранители 4, которые пропускались через отверстия в пленке и закреплялись на никелевой пластинке 5, подключаемой к источнику высокого напряжения.

При пробое пленки под одним из электродов как в случае а), так и в случае б) перегорал соответствующий предохранитель, и этот электрод отключался от источника высокого напряжения.

2.3 Описание выбранной экспериментальной установки и порядок работы на установке

Для проведения испытаний на пробой используют типовые промышленные пробивные установки, электрическая схема которых приведена на рис.16.

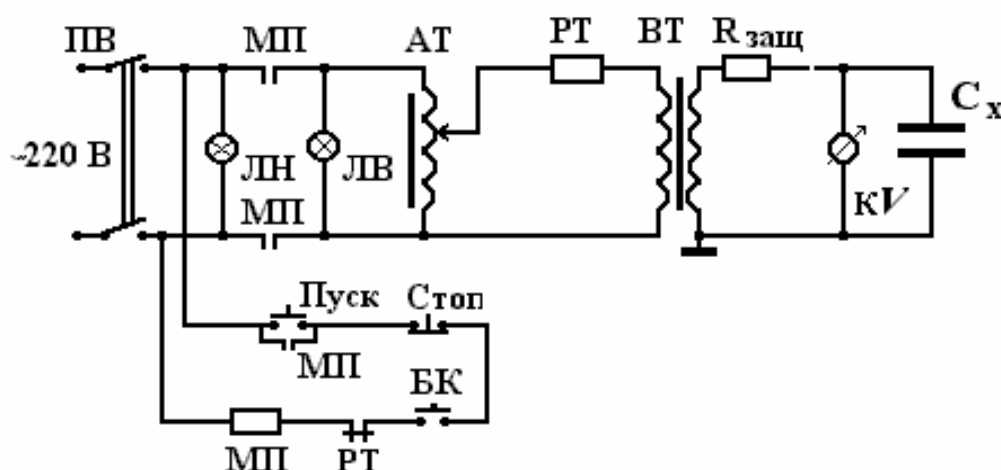


Рис. 16 – Принципиальная электрическая схема установки для испытания диэлектриков на пробой

БК – блокировочные контакты двери;

ПВ₁– пакетный выключатель;

ЛН, ЛВ – сигнальные лампы «низкого» и «высокого» напряжения;

V₁, V₂– контрольные вольтметры для измерения напряжения;

АТ, ВТ – соответственно автотрансформатор и высоковольтный трансформатор;

R_{защ}– защитное (токоограничивающее) сопротивление;

МП – соответственно контакты и обмотка магнитного пускателя;

R_{макс}– соответственно контакты и обмотка реле максимального тока.

При пробое образца диэлектрика $-C_x$, во вторичной и первичной обмотках высоковольтного трансформатора возникает бросок тока, за счёт чего срабатывает реле максимального тока $-P_{\text{макс}}$, которое своим контактом размыкает цепь питания магнитного пускателя – МП.

За счет этого происходит размыкание его нормально разомкнутых контактов и размыкается цепь подачи напряжения на автотрансформатор и первичную обмотку высоковольтного трансформатора.

Поскольку при изучении зависимости электрической прочности твёрдых диэлектриков от температуры используется термошкаф (печь), в который помещается испытательная ячейка с образцом, то дверца термошкафа в целях электробезопасности снабжается блокировочными контактами – БК. При открывании дверцы термошкафа эти контакты размыкают цепь питания и, тем самым, также снимают напряжение с высоковольтного трансформатора.

Измерение температуры образца диэлектрика в термошкафу производится термопарным прибором или непосредственно термометром, или внешней термопарой, подсоединённой к милливольтметру.

2.3.1 Порядок выполнения работы

Установить образец в испытательную ячейку и поместить её в термошкаф. Отрегулировать температуру в термошкафу с помощью терморегулятора. Для этого нужно выполнить следующие операции:

- а) установить режим нагрева печи поочередным нажатием сначала кнопки "Пуск" затем кнопки "Стоп" и кнопки "°C" на лицевой панели прибора;
- б) установить необходимую температуру поочередным нажатием либо кнопки "+" и или кнопки "-";

в) включить режим нагрева печи поочередным нажатием сначала кнопки "Стоп", а затем кнопки "Пуск";

г) дождаться прогрева печи до заданной температуры, что будет видно на цифровом индикаторе терморегулятора.

- Включить установку пакетным выключателем – ПВ₁. На пульте управления должна загореться сигнальная лампа ЛН "Низкое напряжение".

- Установить рукоятку автотрансформатора в положение "ноль".

- Включить высокое напряжение нажатием кнопки "Пуск". На пульте управления при этом должна загореться сигнальная лампа ЛВ «Высокое напряжение».

- Вращая рукоятку автотрансформатора, плавно повысить напряжение до пробоя образца.

- Зафиксировать по вольтметру или киловольтметру величину пробивного напряжения и установить рукоятку автотрансформатора в исходное положение «ноль».

- Установить терморегулятором другую температуру в термошкафе согласно пункту 2, а затем повторить операции 3-7 при каждой заданной температуре.

- По окончании опыта выключить установку от сети и выключить термошкаф.

2.3.2 Меры по технике безопасности

Использование высоковольтных установок требует строгого соблюдения мер предосторожности. Опасное для жизни значение тока, протекающего через человеческий организм, составляет всего лишь 20 мА. Поэтому во всех высоковольтных установках должны быть приняты меры,

исключающие возможность случайного соприкосновения лиц, находящихся около установок, с выводами и проводами высокого напряжения, испытываемыми образцами, измерительными приборами, резисторами и другими элементами высоковольтных цепей.

К работе на установках высокого напряжения допускаются лица, прошедшие инструктаж по мерам безопасности и сдавшие зачет.

Испытания на высоковольтных установках разрешаются проводить только в присутствии двух специалистов, один из которых является руководителем работы. До включения высокого напряжения все дверцы и ограждения должны быть плотно закрыты. Напряжение можно включать только с разрешения руководителя.

Производить какие-либо переключения в схеме, менять или поправлять образцы после подачи напряжения категорически запрещается. Для замены образца необходимо выключить напряжение и тщательно заземлить выводы вторичной обмотки высоковольтного трансформатора, а также конденсаторов высокого напряжения, если они имеются в схеме; для этой цели на выводы следует накинуть крюки, соединенные гибкими проводами с заземлением установки; такой крюк снабжается изолированной рукояткой для безопасности лица, выполняющего заземление. После замены образца или выполнения необходимых переключений с выводов снимают заземляющие крюки (штанги).

Установки высокого напряжения должны иметь предупредительные плакаты, световую сигнализацию, а также комплект изолирующих средств: резиновых ковриков, резиновых перчаток и инструмента с изолированными ручками.

За соблюдение правил техники безопасности несут ответственность руководитель испытаний, технический состав лаборатории и учащиеся, выполняющие измерения на высоковольтных установках.

2.4 Конкретная методика испытаний, используемая в работе

Для проведения испытаний на время до пробоя были подготовлены образцы изолированных жил кабеля, как показано на рис. 17.



Рис. 17 – Образцы изолированных жил кабеля

Старение образцов производилось на установке для пробоя твердых диэлектриков, общий вид которой показан на рис. 18. Образцы помещались в термошкаф (1) с принудительной внутренней циркуляцией воздуха для выравнивания температуры по объему камеры. Регулировка температуры и длительности нагрева производилась терморегулятором – 2. Градиент температуры по камере составлял не более 1°C ; погрешность измерения температуры $\pm 1^{\circ}\text{C}$.



Рис. 18 – Общий вид установки для пробоя диэлектриков: 1- термошкаф, 2 - терморегулятор, 3 – счетчик времени старения, 4 – киловольтметр.

Для проведения испытаний на время до пробоя на переменном напряжении промышленной частоты 50 Гц было подготовлено 5 партий по 15 образцов. Испытания 1 партии проводились при комнатной температуре с деформацией 5, 11, 27%, 2 партия образцов, была выдержана в камере холода при -30°C , после этого подверглась деформации 5, 11, 27%, испытывались при комнатной температуре 20°C , 3 партия образцов, была выдержана в камере холода при -40°C , после этого подверглась деформации 5, 11, 27%, испытывалась при температуре 20°C , 4 партия образцов испытывалась при температуре 80°C с деформацией 5 и 27%, 5 партия образцов, была выдержана в камере холода при -30°C , после этого подверглась деформации 5 и 27%, испытывалась при температуре 80°C .

Для проведения испытаний был выбран макетные образцы провода с этилен-полипропиленовой изоляцией диаметром 1,2 мм и толщиной изоляции 0,3 мм.

Соответствуют ТУ 16 – 705 – 264 – 82. Применяются для нефтепогружных насосов. Сечение провода круглое, толщина изоляции 0,3 мм.

Материал: Жила – медь;

Изоляция – однослойная, слой состоит из этилен-полипропилена.

2.5 Анализ погрешностей при проведении испытаний

В наших опытах стояла задача получить некоторые закономерности процесса разряда, исходя из длительности приложенного напряжения, вида используемого материала и др. При определении пробивного напряжения имеет значение не только погрешность эксперимента, но и разброс отдельных значений, который для твердых диэлектриков имеет большую величину.

Причины разброса заключаются в структурной особенности отдельных образцов, наличие слабых мест, пор, в неплотном прилегании электродов к образцу. Известно, что отклонения от идеальных условий в исследуемых образцах могут только снижать электрическую прочность. Максимальное значение электрической прочности соответствует наиболее совершенному образцу, но максимальные значения по опытным данным сильно отличаются от остальных значений.

2.5.1 Оценка погрешности измерений

Напряжение, подаваемое на образец, измерялось с помощью киловольтметра С – 196. Погрешность измерения складывается из:

1. погрешности прибора;
2. визуальная ошибка измерения.

Класс точности киловольтметра марки С – 196 1,5% (по техническим данным прибора) $\Delta_2=1,5\%$.

Визуальная ошибка измерения по шкале прибора 0,5 кВ

$$\Delta_3 = \frac{0.5}{15} \cdot 100\% = 0,3\% \quad (13)$$

3 ГЛАВА. Экспериментальная часть

В 1 главе при анализе литературных данных было показано, что в результате длительного воздействия электрического поля, особенно при повышенной температуре, диэлектрики (электрическая изоляция) постепенно ухудшают основные свои свойства – происходит электрическое старение, завершающееся, в конечном счете, пробоем диэлектрика (выходом изоляции или диэлектрической детали из строя).

Изучение причин, вызывающих электрическое старение изоляции, и закономерностей старения (зависимости времени жизни диэлектрика от напряженности поля и температуры, при которых происходит его эксплуатация) является необходимым условием для выработки научно обоснованных и достаточно достоверных методов расчета электротехнических конструкций на надежность.

К таким конструкциям относятся и кабели, применяемые для питания погружных насосов в нефтяных скважинах.

Как уже указывалось для проведения испытаний были взяты макетные образцы провода с этиленпропиленовой изоляцией, изготовленные ЗАО «Сибкабель».

Полученные результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты испытаний изолированных жил кабеля при комнатной температуре 20°C, с деформацией 0, 5, 11, 27%

Таблица 1.

№	Пробивное напряжение этилен-полипропиленовой изоляции, кВ при различной деформации			
	Относительная деформация, %			
	0	5	11	27
1	24	27	31	22
2	34	32	35	23
3	36	34	36	24
4	39	35	37	26
5	39	35	38	29
6	40	36	38	29,5
7	40	36	39	29,8
8	41	37	39	29,9
9	42	39	39	30
10	42	39	39	30
11	42	41	39	30
12	42	41	43	30,5
13	43	41	43	31
14	43	42	43	31
15	43	45	44	31
Средняя:	39,3	37,3	38,9	28,4

Таблица 2. Результаты испытаний изолированных жил кабеля предварительно выдержанных в камере холода при -30°C , при комнатной температуре 20°C , с деформацией 5, 11, 27%

Таблица 2.

№	Пробивное напряжение этилен-полипропиленовой изоляции, кВ		
	Относительная деформация, %		
	5	11	27
1	23	28	20
2	30	28	26
3	32	32	26
4	32	32	28
5	34	34	29
6	35	34	30
7	36	35	30,5
8	38	36	31,5
9	38	37	32
10	39	37	32
11	41	38	32
12	42	38	32
13	43	39	33
14	44	40	34
15	44	40	34
Средняя:	36,7	35,2	30

Таблица 3. Результаты испытаний изолированных жил кабеля предварительно выдержанных в камере холода при -40°C , при комнатной температуре 20°C , с деформацией 0, 5, 11, 27%

Таблица 3.

№	Пробивное напряжение этилен-полипропиленовой изоляции, кВ			
	Относительная деформация, %			
	0	5	11	27
1	30,5	31	24	27
2	32	33	26	29
3	34	34,5	29	29
4	35	34,5	31	31
5	35	35	31,5	31,5
6	35,5	36,5	32	32
7	36	36,5	32,5	33
8	37	36,5	33	34
9	37	37,5	35	34
10	40	39	35,5	34
11	40	40	36	35
12	40,5	41,5	36	35
13	41	42	37	35
14	41,5	44	39	35
15	43	44	42	36,5
Средняя:	37,2	37,7	33,2	32,7

Таблица 4 Результаты испытаний изолированных жил кабеля при температуре 80°C

Таблица 4.

№	Пробивное напряжение этилен-полипропиленовой изоляци, кВ	
	Относительная деформация, %	
	0	27
1	24	18
2	34	20
3	36	22
4	39	22
5	39	23
6	40	24
7	40	24
8	41	24
9	42	25,5
10	42	26
11	42	27
12	42	27
13	43	28
14	43	28
15	43	29,5
Средняя:	39,3	24,5

Таблица 5 Результаты испытаний изолированных жил кабеля предварительно выдержанных в камере холода при -30°C , при температуре 80°C

Таблица 5.

№	Пробивное напряжение полипропиленовой изоляции, кВ	
	Относительная деформация, %	
	5	27
1	29	23
2	29	23,5
3	31,5	24
4	32	24,5
5	32	24,5
6	32,5	25
7	34	25
8	34,5	26,5
9	34,5	26,5
10	34,5	26,5
11	35	27
12	36	27
13	37	28
14	37	31
15	38,5	33
Средняя:	33,8	26,3

3.1 Обработка экспериментальных данных

Для обработки экспериментальных данных использовалась программа Mathcad.

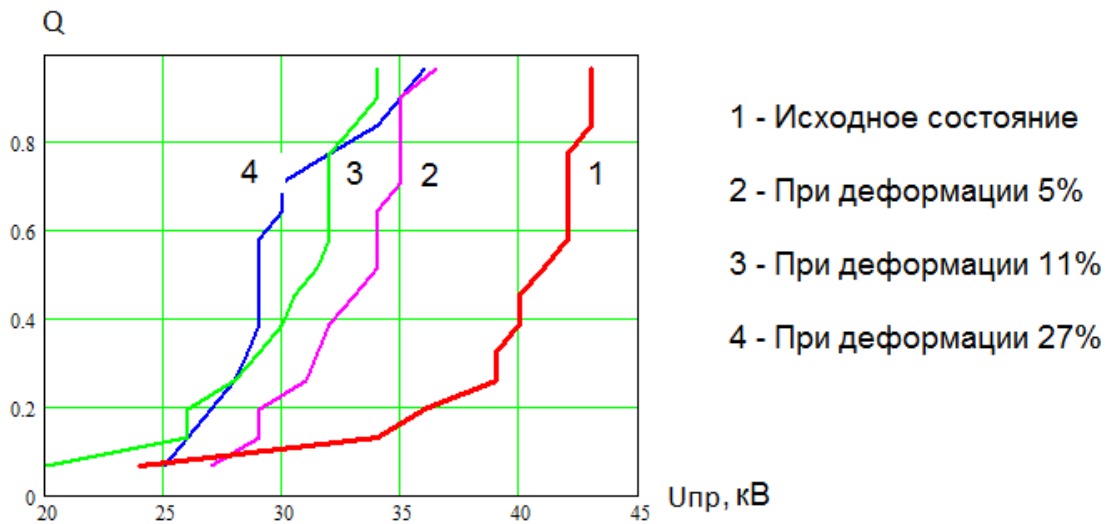


Рис.19 – Функция распределения пробивных напряжений при различной степени предварительной деформации

Q – накопленная частотность

QE_i – исходная кривая при температуре изоляции 20°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции -40°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции -30°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции 20°C

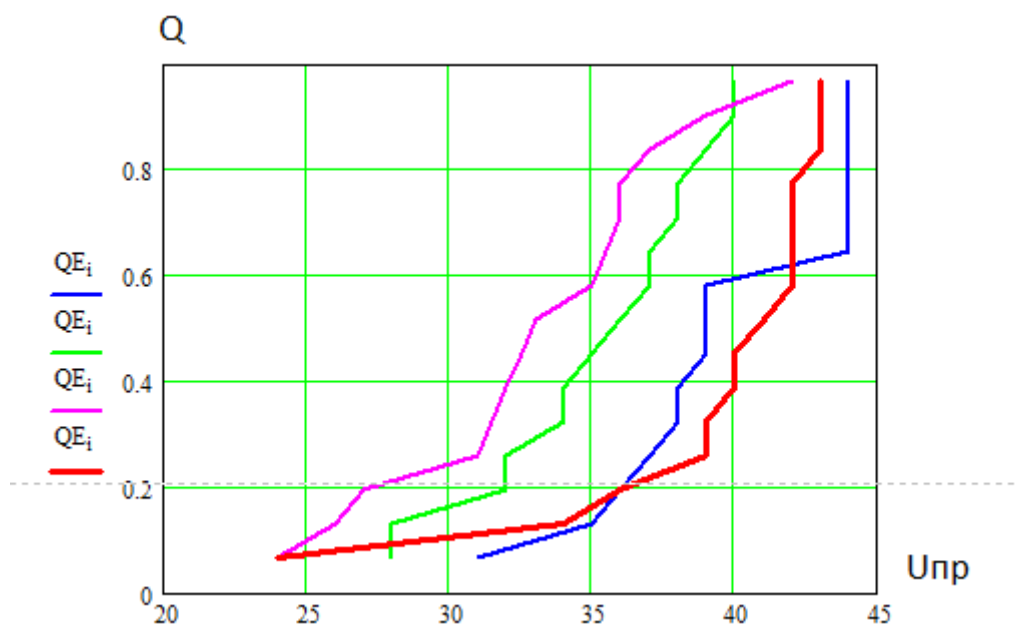


Рис. 20 – Функция распределения пробивных напряжений при различной степени предварительной деформации

QE_i – исходная кривая при температуре деформации изоляции 0%
20°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции 11% -40°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции 11% -30°C

QE_i – кривая при температуре деформации изоляции 11% 20°C

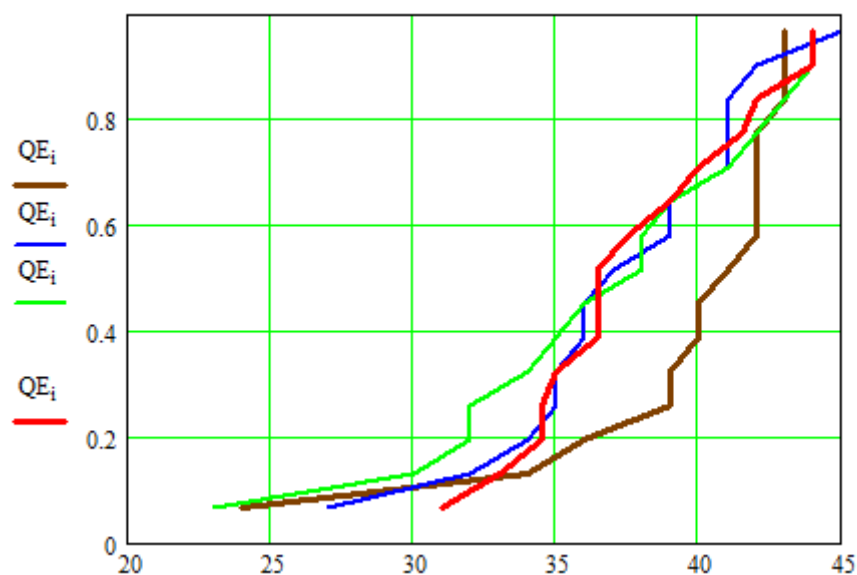


Рис. 21 – Функция распределения пробивных напряжений при различной степени предварительной деформации

QE_i – исходная кривая при температуре изоляции $20^{\circ}C$, с деформацией 0%

QE_i – кривая при температуре изоляции $-30^{\circ}C$, с деформацией 5%

QE_i – кривая при температуре изоляции $20^{\circ}C$, с деформацией 5%

QE_i – кривая при температуре изоляции $-30^{\circ}C$, с деформацией 5%

Исходя из данных графиков, можно сделать вывод, что исходная кривая (кривая распределения) смещается влево, в сторону меньших значений по мере уменьшения степени деформации.

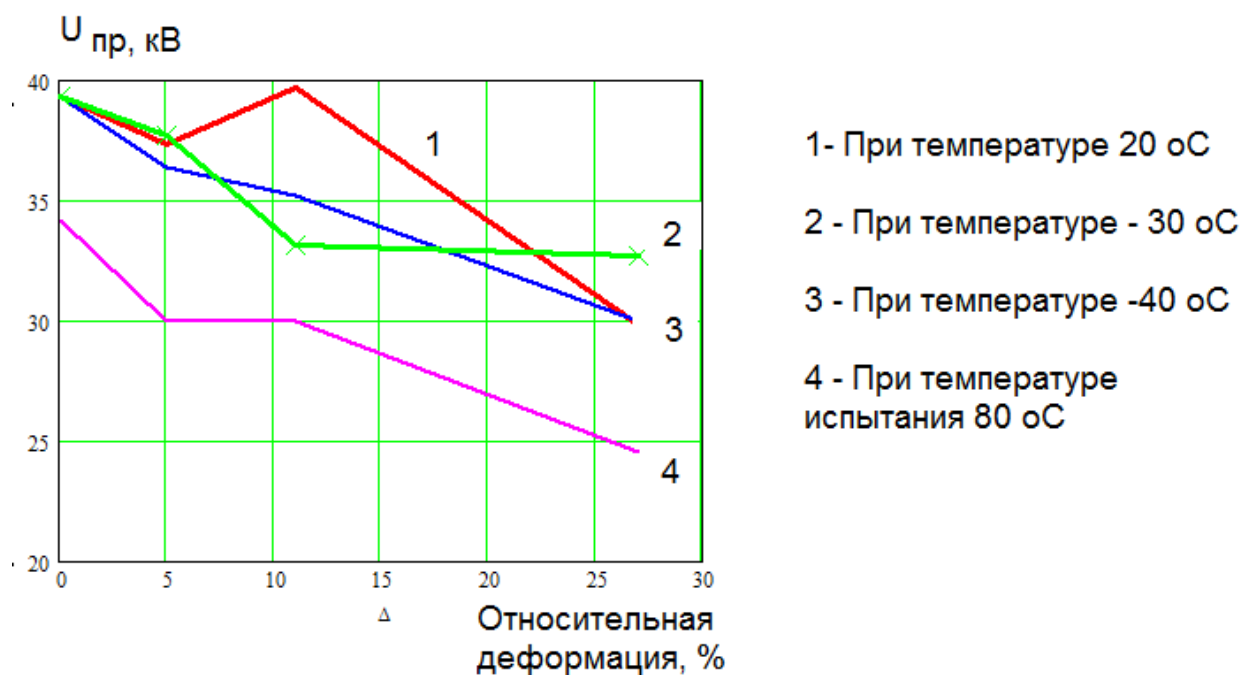


Рис. 22 – зависимость среднего пробивного напряжения от величины деформации при различных температурах

- 1-средние значения пробивного напряжения при температуре 20°С
- 2 - средние значения пробивного напряжения при температуре -30°С
- 3-средние значения пробивного напряжения при температуре -40°С
- 4 - средние значения пробивного напряжения при температуре +80°С, при выдержке образцов в камере холода при температуре -30°С

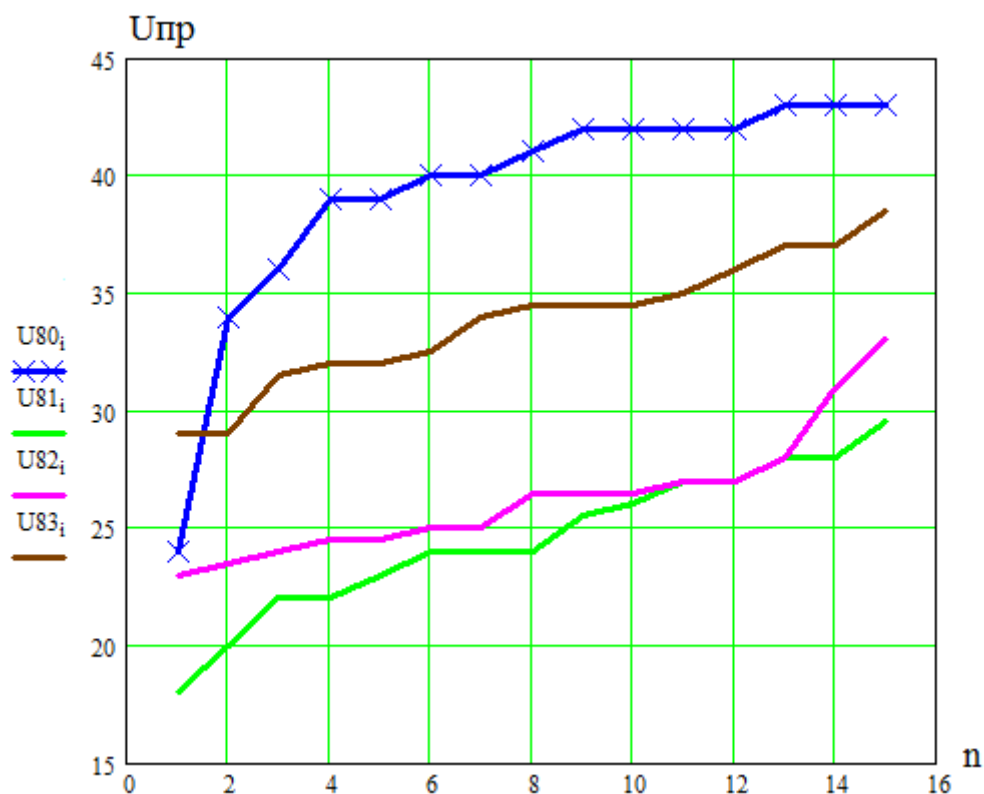


Рис.23 – зависимость пробивного напряжения от количества образцов

U80_i – при температуре изоляции +80°C, с деформацией 0%

U81_i – при температуре изоляции +80°C, с деформацией 27%

U82_i – при температуре изоляции +80°C, с деформацией 27%, предварительно выдержанные в камере холода при температуре -30°C

U83_i – при температуре изоляции +80°C, с деформацией 5%, предварительно выдержанные в камере холода при температуре -30°C

3.2 Обсуждение экспериментальных данных

Исходя из раздела 3.2 можно сделать следующие выводы:

1. Уменьшение пробивного напряжения с ростом деформации может быть обусловлено образованием микротрещин на поверхности

проводов, в результате воздействия механической изгибающей нагрузки. Увеличение степени деформации приводит к увеличению количества дефектов.

2. С другой стороны, уменьшение пробивного напряжения может быть связано с попаданием воды в микротрещину на поверхности изоляции. Происходит увеличение локальной напряженности в этой трещине, за счет перераспределения поля.

3. Уменьшение значений при температурах, при которых проводилась деформация -30°C и -40°C может быть связана с увеличением глубины микротрещины и тем самым уменьшению толщины изоляции, что уменьшает $E_{пр}$.

Выводы по работе

Результаты проведенных исследований дают возможность сделать следующие основные выводы:

- Показано что на величину пробоя исследованных образцов зависит как температура так и величина деформации. Установлено, что величина пробоя с повышением температуры и величины деформации уменьшается.

- Показано, что для объяснения влияния температуры и изгибающей деформации на величину пробоя исследованных полимерных материалов может быть использованы различные теории.

- Полученные экспериментальные результаты удовлетворительно согласуются с теориями представленными в разделе 1.

3 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.

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. Обоснование и SWOT-анализ научного исследования

Научное исследование посвящено изучению влияния температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение силовых нефтепогружных кабелей с полимерной изоляцией. Научная работа имеет безусловный коммерческий потенциал, поскольку изначально инициировалось ЗАО “Сибкабель”, являющимся базой реализации НИР, и также имеет ряд потенциальных потребителей.

Проблема уменьшения электрической прочности изоляции кабелей и проводов при влиянии различных условий эксплуатации является вполне актуальной, так как зачастую при монтаже кабелей изоляция подвергается деформации, а также влиянию различных сред, поэтому продукцию необходимо испытывать, и давать оценочные характеристики их поведению при различных условиях. Проект по разработке рекомендаций по эксплуатации силовых нефтепогружных кабелей осуществляется для нужд заводов изготавливающих кабельную продукцию, а также нефтяной промышленности.

Таким образом, потенциальными потребителями результатов этого исследования являются предприятия изоляционно-кабельной промышленности, нефтяной промышленности, а также предприятия, базирующиеся на производстве электротехнических устройств, расположенные на территории Российской Федерации.

Проведем комплексный SWOT-анализ проекта, представляющий 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 1.1.

Таблица 1.1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны:	Слабые стороны:
	<p>С1. Собственная научная и производственная база для исследований.</p> <p>С2. Соответствие материала необходимым техническим характеристикам.</p> <p>С3. Доработка недостающей информации о характеристиках исследуемого материала.</p> <p>С4. Не требует сложного уникального оборудования.</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя.</p> <p>С6. Актуальность проблемы.</p>	<p>Сл1. Затраты времени на проведение испытаний;</p> <p>Сл2. Высокие требования к характеристикам исследуемого материала;</p> <p>Сл3. Высокая продолжительность проведения испытаний;</p> <p>Сл4. Необходимость сравнительного анализа характеристик.</p>

<p>Возможности:</p> <p>В1. Увеличение срока службы исследуемого объекта.</p> <p>В2. Использование объекта испытаний в агрессивных условиях эксплуатации.</p> <p>В3. Разработка рекомендаций по эксплуатации нефтепогружных кабелей в исследуемых условиях.</p> <p>В4. Рост потребности в обеспечении безопасности нефтедобывающего процесса.</p> <p>В5. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на разработанные рекомендации</p> <p>У2. Введение дополнительных требований к материалу</p> <p>У3. Угрозы выхода из строя оборудования в ходе использования разработанных рекомендаций</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 1.2 - Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	-	+	+	-	-	-
	B2	+	+	-	0	0	-
	B3	+	+	+	-	+	+
	B4	0	+	+	-	-	+
	B5	+	+	0	+	+	+
	Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4		
	B1	-	+	-	-		
	B2	-	+	-	+		
	B3	+	-	+	+		
	B4	+	-	+	-		
B5	-	-	+	-			

Таблица 1.3 - Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	-	+	+	-	0	-
	У2	+	+	+	-	0	0
	У3	-	+	+	-	0	0
	Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4		
	У1	-	+	+	-		
	У2	+	+	+	-		
	У3	-	+	+	-		

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 1.2 и 1.3, показывает, что число сильных сторон у проекта количественно больше числа слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Это касается и угроз.

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 1.4.

Таблица 1.4 - Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Обзор научной и технической литературы	Студент-дипломник
Проведение испытаний исследуемого объекта	3	Заготовка образцов исследуемого материала	Студент-дипломник
	4	Определение условий испытания	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Испытания образцов в соответствующих условиях	Студент-дипломник, научный руководитель
Обсуждение 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 в человеко-днях на основе ряда вероятностных оценок, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов, и рассчитывается следующим образом:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (1.1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (1.2)$$

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

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

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

Рассчитанные значения трудоемкости и продолжительности работы для выбранных исполнителей приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - 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	-	13
3	Заготовка образцов исследуемого материала	1	1	1	3	1	1,8	1	3
4	Подготовка необходимого оборудования	1	1	4	4	2,2	2,2	2	3
5	Испытания образцов в соответствующих условиях	15	15	30	30	21	21	16	22
6	Оценка результатов исследования	1	2	2	5	1,4	3,2	1	3
7	Составление пояснительной записки	-	10	-	20	-	14	-	18
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	-	2	-	1	-	1

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

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

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 1.5 строим план-график проведения работ (таблица 1.6).

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает порядка 2 месяцев. Продолжительность выполнения технического проекта составит 69 дней. Из них для каждого в отдельности:

- 66 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 26 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

4.3. Составление сметы затрат на разработку научного исследования

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:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (1.3)$$

где m - количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z_M), руб.
Образец изолированной токопроводящей жилы	1	9925	9925
Пластовая жидкость	1	311	311
Кусачки	1	200	230
Бокорезы	1	500	575
Перчатки	1	30	35
Маркер	1	60	69
Линейка	1	20	23
Бумага	1	250	288
Ручка	2	15	35
<i>Итого</i>			<i>11490</i>

4.3.2. Расчет полной заработной платы исполнителей темы

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

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (1.4)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (1.5)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (1.6)$$

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

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

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

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 1.8.

Таблица 1.8 - Расчёт основной заработной платы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (1.7)$$

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 1.9.

Таблица 4.9 - Расчет полной заработной платы

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

4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{полн}}, \quad (1.8)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

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

4.3.4. Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = \sum Z \cdot k_{\text{нр}}, \quad (1.9)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

4.3.5. Формирование сметы затрат научного исследования

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

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 - Смета затрат технического проекта

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

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 150,6 тыс.рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 69 рабочих дней.

4.4. Определение ресурсоэффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (1.10)$$

где I_{pi} - интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i - весовой коэффициент разработки;

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

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

1. Стойкость - одно из свойств полимера, характеризующее возможность изменения его характеристик при воздействии внешних факторов.

2. Безотказность - это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки.

3. Негорючесть - это комплексная характеристика материала или конструкции кабельного изделия противостоять возгоранию и распространению процесса горения.

4. Эластичность - это свойство полимерного тела восстанавливать свою форму и размеры после прекращения действия внешних сил.

5. Дешевизна - низкий уровень цен на используемые в конструкции материалы.

6. Экологичность - это свойство, характеризующее безопасное влияние на окружающую среду при обработке или переработке материала.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка
1. Стойкость	0,20	5
2. Безотказность	0,22	5
3. Негорючесть	0,15	3
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:

$$I_p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,22 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,18 + 3 \cdot 0,10 + 5 \cdot 0,15 = 4,32$$

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 научного исследования. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны научного исследования больше, чем на слабые;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы научного исследования позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 150,6 тыс.рублей;
- оценка ресурсоэффективности исследования, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,32 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) ICCSR-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 – влияние температуры и механических нагрузок на пробивное напряжение изоляции из блок сополимер этилен – пропилен (БСЭП).

Согласно техническому заданию (ТЗ) планируется подготовить макетные образцы путем деформации, а также выдержкой в камере холода и испытать на пробой подготовленные образцы. Под испытанием на пробой подразумевается испытания по определению кратковременной электрической прочности, путем подачи на образцы плавно увеличивающегося напряжения. Для выполнения требований ТЗ необходимо

подготовить рабочее место посредством создания условий для работы с высоким напряжением подготовки испытательного стенда (ИС).

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на человека работающего с установкой высокого напряжения и ИС, рассмотрены воздействия разрабатываемых решений на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

Профессиональная социальная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы[6]:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на исследователей в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 1.

Таблица 1.

Перечень опасных и вредных факторов при исследовании

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> • Управление механизмами испытательного стенда; • Выполнение визуальных осмотров всех основных и 	<ul style="list-style-type: none"> • Электромагнитные излучения; • Напряженность электрического поля токов промышленной частоты; • Ионизация 	<ul style="list-style-type: none"> • Электрический ток. 	<ul style="list-style-type: none"> • ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах; • Химические

<p>вспомогательных механизмов до начала их использования при выполнении работ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Калибровка высоковольтного оборудования; • Наблюдение за испытаниями в зоне воздействия электромагнитных полей; 	<p>воздуха;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны. • Напряженность труда в течение смены; • Шум; 		<p>факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03;</p> <ul style="list-style-type: none"> • НРБ 99. Нормы радиационной безопасности; • ОСПОРБ-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности; • Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ; • Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ; • Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96;
---	---	--	---

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

5.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, рабочее помещение по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

При подготовке лаборатории необходимо выполнить требования к размещению высоковольтного оборудования и организации рабочих мест, в

соответствии с инструкцией по охране труда при проведении электрических измерений и испытаний (ТИ Р М-074-2002).

При управлении и наблюдении за испытаниями основным опасным фактором на рабочем месте является высокое напряжение в сети, от которой запитан испытательный стенд. Необходимо обеспечить должную защиту, а также выполнять соответствующие требования безопасности во время выполнения работ. Обеспечить рабочее место ограждениями и соответствующей изоляцией, а исполнителей работ – индивидуальными средствами защиты.

Кроме опасных факторов, при выполнении испытаний имеют место вредные факторы, такие как: повышенные электромагнитное и ионизирующее излучения, повышенная напряженность электрического поля. В ходе выполнения работ, для уменьшения воздействия данных факторов, необходимо установить время пребывания персонала в зависимости от уровня напряженности электрических полей, в соответствии ТИ Р М-074-2002.

5.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

5.2.1 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Источники электромагнитных излучений промышленной частоты — это в первую очередь системы передачи и распределения электроэнергии

(электростанции, трансформаторные подстанции, линии электропередачи, электросети административных зданий и др.), а также электрооборудование (электродвигатели, контроллеры, щиты и др.) и электропроводка производственного оборудования.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых высоковольтной установкой на рабочих местах дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле, в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03. Оценку ЭМП производят отдельно по напряженности электрического поля (кВ/м) и магнитного (А/м).

Электрическое поле. Допустимое время нахождения в ЭП:

1. В течение всей смены предельный допустимый уровень напряженности электрического поля на рабочем месте равняется 5 кВ/м;
2. Если напряженность ЭП находится в интервале от 5 до 20 кВ/м, то время пребывания находится по формуле:

$$T = (50/E) - 2, \text{ где}$$

E – напряженность поля, кВ/м;

3. При напряженности от 20 – 25 кВ/м допустимое время пребывания составляет не более 10 минут;
4. При E больше 25 кВ/м– пребывание без средств защиты не допускается.

Магнитное поле. ПДУ воздействия магнитного поля показано в табл. 2.

Таблица 2.

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м]	
	Общем	локальном
<= 1	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

5.2.2 Электрический ток

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- вида и величины напряжения и тока;
- его частоты;
- пути прохождения электрического тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- внешних условий среды.

Лабораторию, по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности, согласно ПУЭ.

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

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

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;
- эксплуатация.

К работе на электроустановке должны допускаться лица, прошедшие инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций применительно к выполняемой работе. Для электробезопасности установка должна быть оснащена устройствами защиты от токов короткого замыкания и перегрузок.

Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения и оболочки;
- установка барьеров;
- размещение вне зоны досягаемости;
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.

Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- автоматическое отключение питания;
- уравнивание потенциалов;

- выравнивание потенциалов;
- двойная или усиленная изоляция;
- сверхнизкое (малое) напряжение;
- защитное электрическое разделение цепей;
- изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока.

Заземляющее устройство, используемое для заземления электроустановок одного или разных назначений и напряжений, должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к заземлению этих электроустановок: защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции, условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от перенапряжения и т.д. в течение всего периода эксплуатации.

В первую очередь должны быть соблюдены требования, предъявляемые к защитному заземлению. Требуемые значения напряжений прикосновения и сопротивления заземляющих устройств при стекании с них токов замыкания на землю и токов утечки должны быть обеспечены при наиболее неблагоприятных условиях в любое время года. Заземляющие устройства должны быть механически прочными, термически и динамически стойкими к токам замыкания на землю.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ для защиты от поражения электрическим током должно быть выполнено защитное заземление открытых проводящих частей. В таких электроустановках должна быть предусмотрена возможность быстрого обнаружения замыканий

на землю. Защита от замыканий на землю должна устанавливаться с действием на отключение по всей электрически связанной сети в тех случаях, в которых это необходимо по условиям безопасности (для линий, питающих передвижные подстанции и механизмы, торфяные разработки и т.п.).

Перед началом эксплуатации электроустановки:

- необходимо проверить исправность защитного заземления и средства автоматического отключения питания;
- запрещается использовать электроаппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям (инструкциям) или с неисправностями, которые могут привести к пожару;
- запрещается пользоваться поврежденными розетками, рубильниками, другими электроустановочными изделиями.

В помещении, которое по окончании работ закрывается и не контролируется дежурным персоналом, все электроустановки и электроприборы должны быть обесточены (за исключением дежурного освещения, автоматических установок пожаротушения, пожарной и охранной сигнализации, а также электроустановок, работающих круглосуточно).

5.2.3 Психофизиологические факторы

Для предупреждения утомления и нервно-эмоционального напряжения при выполнении работ необходимо организовать правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо оптимизировать режимы труда и отдыха в течении работ;
- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы приветствуется использование специальной мебели, которая имеет возможность регулировать свои параметры и характеристики под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

5.2.4 Химические факторы

Вредным химическим фактором при выполнении работ для исследования является повышенная концентрация токсичного газа – *озона* в воздухе рабочей зоны. Источниками образования озона в воздухе являются старение изоляции, а также, в данном случае, при электрическом разряде в воздухе.

Озон относится к 1-му наиболее высокому классу опасности вредных веществ. При вдыхании озон способствует раздражению дыхательных путей. Кроме этого негативно сказывается на слизистой оболочке глаз, может наступать сонливость, утомление. При критически больших дозах может наступить паралич дыхания, а в результате летальный исход.

В соответствии с ГН 2.2.5.1313-03 предельно допустимая концентрация (ПДК) озона в воздухе рабочей зоны $0,1 \text{ мг/м}^3$, а разовая максимальная доза — $0,16 \text{ мг/м}^3$

Для исключения превышения концентрации озона в воздухе рабочей зоны необходимо обеспечить достаточную вентиляцию помещения, а также ограничить время пребывания в зоне контакта с газом. Иным способом является установка вытяжки, которая обеспечивает постоянное устранение вредных веществ.

5.2.5 Микроклимат

Микроклимат производственных помещений определяется совокупным воздействием на организм человека температуры, влажности, скорости движения воздуха, теплового излучения нагретых поверхностей. Микроклимат различных производственных помещений зависит от колебаний внешних метеорологических условий, времени дня, года, особенностей производственного процесса и систем отопления и вентиляции.

В производственных помещениях, в которых работа с лабораторными стендами является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Таблица 3 – Параметры микроклимата для производственных помещений

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный и переходный	Температура воздуха в помещении	22 – 24 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23 – 25 °С
	Относительная влажность	40 – 60 %
	Скорость движения воздуха	0,1 – 0,2 м/с

Для обеспечения достаточного постоянного и равномерного нагревания воздуха в рабочих аудиториях в холодный период года используется отопление. Температуру в помещении следует регулировать с учетом тепловых потоков от оборудования. Стенд нужно устанавливать так, чтобы тепловые потоки от него не были направлены на студентов.

С целью поддержания параметров микроклимата в допустимых пределах, а также комфортные условия работы магистрантов применяется

кондиционирование воздуха. Кондиционирование воздуха обеспечивает поддержание параметров микроклимата в течение всех сезонов года, очистку воздуха от пыли и вредных веществ.

5.2.6 Шум

Другим вредным фактором, оказывающим пагубное воздействие на здоровье человека, является шум. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для измерительных и аналитических работ в лаборатории представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ п/п	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

Влияние шума на слуховой анализатор проявляется в ауральных эффектах, которые, главным образом, заключаются в медленно прогрессирующем понижении слуха по типу неврита слухового нерва (кохлеарный неврит). Подвергающиеся шумовому воздействию люди, чаще всего жалуются на головные боли, которые могут иметь разную интенсивность и локализацию, головокружение при перемене положения тела, снижение памяти, повышенную утомляемость, сонливость, нарушения сна, эмоциональную неустойчивость, снижение аппетита, потливость, боли в области сердца. Шум – это один из самых сильных стрессорных агентов. Влияние шума сказывается на функциях эндокринной и иммунной систем организма, в частности это может проявляться в виде трех главных биологических эффектов: снижение иммунитета к инфекционным болезням; снижение иммунитета, направленного против развития опухолевых процессов; появление благоприятных условий для возникновения и развития аллергических и аутоиммунных процессов.

Источником шума при работе на установке является трансформатор, входящий в состав электронно-измерительного блока. Для уменьшения шумового воздействия на человека используются индивидуальные и коллективные средства защиты. В качестве коллективной защиты выступает звукоизоляционный материал, которым покрыта ячейка с помещенным туда блоком. А противозумные наушники и вкладыши могут использоваться, как средства индивидуальной защиты.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния исследования на окружающую среду

В результате выполнения ВКР будет исследована зависимость, которая, возможно, позволит разработать рекомендации по улучшению электро-физических и механических характеристики изоляции для питающих нефтепогружных кабелей, непосредственно на этапе ее производства и эксплуатации.

Последствия росту рабочих характеристик будет оптимизация производства и увеличение его объема. А это, в свою очередь, понесет за собой развитие нефтяной индустрии, а также развития и без того огромных масштабов производства полимеров. Ведь не секрет, что развитие промышленности негативно сказывается на экологии, являясь источником различных видов загрязнений воды, воздуха, земной коры, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Возможное улучшение рабочих характеристик, а так же стойкости к различным разрушающим воздействиям на полимерную изоляцию является палкой о двух концах.

С одной стороны увеличение стойкости изоляции к различным воздействиям приведет к увеличению срока службы, что в свою очередь положительно скажется на количестве отходов – большой срок службы позволяет уменьшить потребность (для нефтяной промышленности) и соответственно сократить количество отходов в год.

Но с другой улучшение стойкости полимеров приведет к увеличению продолжительности их разложения. То есть со временем все больше и

больше отходов будут храниться в земле. А это может занимать не год и не два, а до десятков лет.

Решением этой проблемы является во-первых, разработка и использование технологий, позволяющие максимально экологично перерабатывать полимеры, у которых закончился срок службы. Во-вторых, проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями. Использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Организации, в которой предполагается использовать разработанную рекомендацию, влияют на окружающую среду как потребитель электроэнергии, поскольку здесь работает большое количество электрооборудования и осветительных приборов.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

В принципе, перечень возможных ЧС, которые может вызвать объект исследования может быть достаточно широк. Если ограничиться местоположением и условиями эксплуатации объекта, его можно представить следующим (ориентировочным) вариантом:

- пожар на объекте;
- взрыв.
- атмосферные перенапряжения;

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС – пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности, регламентирование мер противопожарной безопасности, в котором происходит исследование, а также место эксплуатации объекта исследования, то есть лаборатории и нефтедобывающих объектах.

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83. По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности лаборатория, в которой производились испытания относится к категории Д– наличие твердых сгораемых веществ[5].

Основным поражающим фактором пожара в лаборатории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

Руководящий документ для нефтяной промышленности – правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности ППБО-85. Пожары и прочие ЧС на нефтедобывающих объектах чрезвычайно опасны и несут

иногда непоправимый, или сложно поправимый вред окружающей среде, флоре, фауне и непосредственно людям, ведь на объектах нефтяной промышленности работает огромное количество человек.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникать в лаборатории при проведении исследований

Пожар в лаборатории может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках

проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Для снижения рисков возникновения пожаров и аварийных ситуаций на объектах нефтяной промышленности необходимо придерживаться правил проектирования зданий, сооружений, оборудования. Также обучить рабочий персонал и ответственных лиц правилам пожарной безопасности, осуществлять своевременный контроль по исполнению обязанностей.

Также должны присутствовать системы сигнализации, зачастую не связанные с другими системами, газоанализаторы, сеть пожарных водопроводов, насосы и станции. При любых изменениях в работе такого оборудования уполномоченные лица обязаны уведомить органы Государственного пожарного надзора.

На этих предприятиях необходимо вести документацию по пожарной безопасности. Зачастую возле таких объектов располагается отделение пожарной охраны, чтобы в минимальные сроки ликвидировать возгорание. Возможна организация добровольной пожарной дружины на конкретном предприятии.

В лаборатории, пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров могут использоваться следующие огнетушители: углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение, в котором производилось исследование (лаборатория), оборудовано пожарной сигнализацией, которая позволяет оповестить дежурный персонал о пожаре, а также дает сигнал об эвакуации. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1 [3].

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 рис. 1.

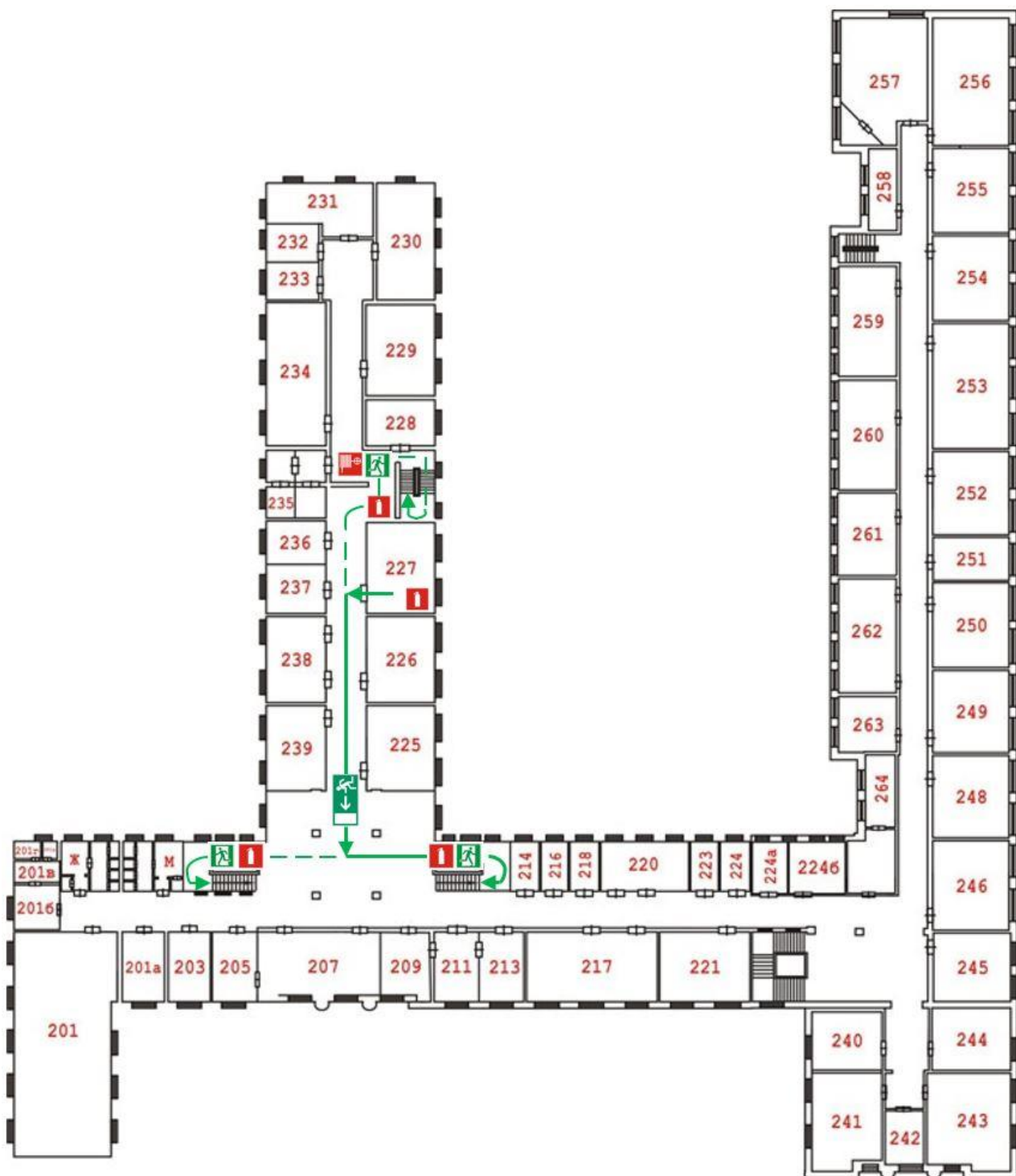


Рисунок 1- План эвакуации при пожаре

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

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 АО «ЕВРАЗ ЗСМК» 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.

5.5.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

5.5.2.1 Эргономические требования к рабочему месту

исследователя

Рабочее место – это часть рабочего пространства, которая оснащена необходимыми средствами труда. Так рабочее место исследователя включает в себя экспериментальное оборудование, рабочие столы, оснащенные такими средствами труда, как ЭВМ, средства измерения и другие приборы (паяльники, лабораторная посуда и т.д.).

Лаборатория представляет собой специально оборудованное помещение, в котором производятся экспериментальные исследования.

Организация рабочего места тесно взаимосвязана с формами и методами организации труда. Эта взаимосвязь выражена в организации трудового процесса, так как, осуществляя рационализацию процессов и приемов труда, можно устранить лишнее физическое напряжение научного работника, достигнуть сокращения и уплотнения движений, а также определить потребность в оснащении рабочего места устройствами и приспособлениями, способствующими экономии рабочего времени. Правильно организовать рабочее место – это значит обеспечить его в соответствии со специализацией и технологическим назначением, а также с учетом существующего уровня технического прогресса – оборудованием, инвентарем, производственной мебелью, средствами связи и оргтехники; наладить бесперебойное и ритмичное обслуживание рабочего места другими службами, материальным и информационным обеспечением; создать благоприятные условия труда для выполнения трудовых процессов. При этом материально-технические средства должны быть размещены в зоне рабочего места в соответствии с содержанием выполняемой работы и требованиями рациональных трудовых приемов.

Таким образом, под организацией рабочего места следует понимать систему мероприятий по созданию на рабочем месте условий, необходимых для достижения высокой производительности труда при наиболее полном использовании технических возможностей оборудования, способствующего снижению утомляемости и сохранению здоровья человека.

Эргономическими аспектами проектирования рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места исследователя являются стол, кресло и испытательный стенд (ИС). Основным рабочим положением является положение сидя.

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

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям

эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе испытательными установками, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя и характера работ.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом (рис. 2).

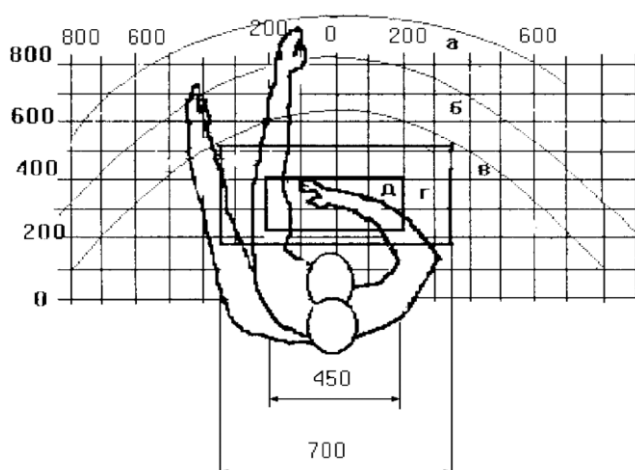


Рисунок 2- Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

а - зона максимальной досягаемости;

б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в - зона легкой досягаемости ладони;

г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне "а" (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура - в зоне "г"/"д";
- манипулятор "мышь" - в зоне "в" справа;
- документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – "в", а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе исследователя следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20°;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти-под углом 80°...100°;
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Вывод по главе

Основным фактором, влияющим на производительность людей, занимающихся данным исследованием, являются комфортные и безопасные условия труда. Условия труда в рабочей аудитории характеризуются возможностью воздействия на исследователей следующих производственных факторов: шума, выделение вредных веществ, а именно выделение озона, действие микроклимата, параметров технологического оборудования и рабочего места.

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены вопросы техники безопасности при работе с электрооборудованием на напряжение свыше 1 кВ, а также проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека. Были отмечены источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты.

Список использованных источников

1. Сажин Б.И., Лобанов А.М., Романовская О.С. Электрические свойства полимеров. Л.: Химия, 1986. – 224с., ил.
2. Койков С.Н., Цикин А.Н. Электрическое старение твердых диэлектриков и надежность диэлектрических деталей. М.: Энергия, 1968. – 183 с.
3. Меркулов В.И. Математическое моделирование в электроизоляционных конструкциях. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 152 с.
4. Койков С.Н., Цикин А.Н. Электрическая прочность тонких слоев окиси алюминия, ЖТФ, 1995, т. 26, № 110. – 85с.
5. Койков С.Н., Цикин А.Н. Основные закономерности старения алундовых покрытий, «Физика твердого тела», 1959, т. 1, № 3. – 110 с.
6. Воробьев Г.А., Похолков Ю.П., Королев Ю.Д., Меркулов В.И. Физика диэлектриков. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 244 с.
7. Воробьев Г.А. Физика диэлектриков (область сильных полей), конспект лекций. - Томск.: Изд-во ТГУ, 1977. - 251 с.
8. Воробьев Г.А., Еханин С.Г., Несмелов Н.С. Физика диэлектриков (область сверхсильных электрических полей). Обзорная статья /Журнал «Известия вузов», Физика. - 2000. - № 8.
9. Воробьев А.А., Воробьев Г.А. Электрический пробой и разрушение твердых диэлектриков. - М.: Высшая школа, 1966. – 224 с.
10. Богородицкий Н.П., Волокобинский Ю.Н., Воробьев А.А., Тареев Б.М. Теория диэлектриков. - М.; Л.: Энергия, 1965. – 344с.

11. Богородицкий Н.П., Волокобинский Ю.Н., Воробьев А.А., Тареев Б.М. Теория диэлектриков. - М.; Л.: Энергия, 1965. – 344с.