

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

---

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль «Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника»

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Исследование влагопроницаемости полимерных материалов.

УДК 621.315.616.97

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4В	Пашенцева Анастасия Олеговна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Андрей Петрович	к.т.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калмыкова Екатерина Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин Владимир Филиппович	Доктор технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютеева П.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2018 г.

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

---

Инженерная школа энергетики  
Отделение Электроэнергетики и электротехники  
Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Профиль ««Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника»

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Тютева П.В.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Г4В	Пашенцевой Анастасии Олеговне

Тема работы:

Исследование влагопроницаемости полимерных материалов.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Отчет о НИР «Определение влагопроницаемости полимерных материалов».</p> <p>Актуальность работы заключается в следующем: электронные схемы, которые сейчас используются почти во всех приборах должны покрываться защитным лаком для защиты от возможных замыканий и от действий влаги, которая всегда есть в воздухе. Так как влага является главным врагом электрической изоляции. Исследования влагопроницаемости пленок, позволит выбрать материал обеспечивающий оптимальную защиту электронных схем.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение процессов влагопоглощения в полимерной материалов.</li> <li>2. Обработка методики влагопроницаемости полимерных материалов.</li> <li>3. Подготовка рабочего места для определения влагопроницаемости полимерных материалов.</li> <li>4. Построение градуировочной кривой</li> <li>5. Разработка рекомендаций по определению влагопроницаемости полимерных материалов.</li> </ol>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в редакторе «MicrosoftPowerPoint 2010»</p>
--	--

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Калмыкова Екатерина Юрьевна
Социальная ответственность	Панин Владимир Филиппович

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
<p>Все разделы выпускной квалифицированной работы написаны на русском языке.</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Леонов Андрей Петрович	К.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4В	Пашенцева Анастасия Олеговна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ».**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г4В	Пашенцевой Анастасии Олеговне

<b>Институт</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и электротехника/ Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны ,технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> вредных проявлений факторов производственной среды ( метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля)</li> <li><input type="checkbox"/> опасных проявлений факторов производственной среды(механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li><input type="checkbox"/> негативного воздействия на окружающую природную среду</li> <li><input type="checkbox"/> чрезвычайных ситуаций (в основном опасность пожара)</li> </ul> <p>п.5. организация работы отдела охраны труда (отдела – ОТ ПБ и ООС ), его место расположение.</p>	<p>Описание рабочего места на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля.</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, природы).</li> </ul>
<p>1. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ПУЭ, СН-245, ГОСТ 12.1.012-90, ГОСТ 12.0.002-97, ГОСТ 12.1.005-97 ССБТ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СанПиН 2.2.4.548-96; Федеральный закон РФ от 22.07.2008г. №123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий»; СП 52.13330.2011 «Актуализированный СНиП» 23-05-95</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>- действие фактора на организм человека;</li> <li>- приведение допустимых норм с необходимой</li> </ul>

<p><i>разрабатываемой темой;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p><i>размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></p> <p><i>- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></p>
<p><b>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактич. мероприятия, средства пожаротушения)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу;</li> <li>– Выброс отходов.</li> </ul>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p><i>Одни из наиболее вероятных ЧС: пожары, электропоражения.</i></p> <p><i>Разработать мероприятия по предотвращению пожаров, электропоражений и других ЧС и ликвидации их последствий.</i></p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Доктор технических наук	Панин Владимир Филиппович		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г4В	Пашенцева Анастасия Олеговна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г4В	Пашенцевой Анастасии Олеговне

<b>Институт</b>	<b>ИШЭ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/ Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника

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

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

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>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.</i>
2. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>SWOT-анализ</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>SWOT-анализ</i>
2. <i>Диаграмма Ганта</i>
3. <i>Бюджет проекта</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Калмыкова Е.Ю.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г4В	Пашенцева А.О.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 72 страницы, содержит 9 рисунков, 12 таблиц, 13 использованных источника.

Актуальность работы заключается в следующем: электронные схемы, которые сейчас используются почти во всех приборах должны покрываться защитным лаком для защиты от возможных замыканий и от действий влаги, которая всегда есть в воздухе. Так как влага является главным врагом электрической изоляции. Многочисленными исследованиями было показано, что все изолирующие материалы при поглощении влаги ухудшают электрические характеристики, а также снижают свою электрическую прочность и увеличивают сопротивление. Исследование влагопроницаемости пленок, позволит выбрать материал обеспечивающий оптимальную защиту электронных схем.

Структура работы: литературный обзор, изучение процессов влагопоглощения в полимерных пленках, отработка методики, построение градуировочной кривой и разработка рекомендаций по определению влагопроницаемости полимерных пленок.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010.

## Оглавление

Введение .....	10
1 ГЛАВА. Литературный обзор .....	11
1.1 Обзор факторов, влияющих на СИ электротехнического оборудования. ....	11
1.2. Влагостойкость и влагопроницаемость полимерных покрытий.....	15
1.3 Обзор методов определения механических свойств ЭИ ПС. ....	18
1.4. Выводы, постановка задач на исследование.....	21
ГЛАВА 2. Методическая часть.....	23
2.1 Методика определения влагопроницаемости полимерных пленок. ....	23
2.2 Оборудование, измерительные приспособления. ....	26
2.3 Методика испытаний. ....	26
2.5 Определение массы образцов.....	27
2.4. Изготовление свободных полимерных плёнок .....	28
2.5 Методика определения $tq\delta$ .....	29
2.6 Определения влажностных характеристик исследуемого материала, плёнок, плёнок лака, компаунда и других листовых материалов.....	33
ГЛАВА 3. Экспериментальная часть. ....	34
3.1. Объект исследования лак УР-231.....	34
3.2 Построения градуировочной кривой. ....	35
3.3 Отработка методики определения влагопроницаемости полимерных материалов. ....	37
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ.....	39
5.1 Планирование научно-исследовательской работы .....	39
5.1.1 SWOT-анализ научно-исследовательской работы .....	39
5.1.2 Структура работ в рамках научного исследования .....	41
5.1.3 Определение трудоемкости выполнения научного исследования.....	43
5.1.4 Разработка графика проведения научно-исследовательской работы .....	45
5.2 Составление сметы затрат на разработку научно-исследовательской работы.....	47
5.2.1 Расчет материальных затрат .....	47
5.2.2 Расчет полной заработной платы исполнителей темы.....	48
5.2.3 Отчисления во внебюджетные фонды .....	50
5.2.4 Накладные расходы .....	50
5.2.5 Формирование сметы затрат технического проекта.....	51
Таблица 6.7 - Смета затрат технического проекта.....	51
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	53
6.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	54
6.2 Защита человека от вредных факторов рабочего места,.....	56



характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой. .....	56
6.3 Микроклимат .....	63
6.3 Защита окружающей среды .....	65
6.4 Экологическая безопасность .....	67
6.5 Техническая безопасность при работе с растворителями.....	68
6.6 Чрезвычайные ситуации .....	69
6.7 Заключение по разделу .....	71
Заключение .....	72
Список использованной литературы .....	73

## Введение

Исследования проницаемости полимеров имеет важное значение в изоляционной технике. Требования влагоустойчивости изделий электронной аппаратуры в тропических условиях, в условиях морского тумана и высокой влажности обуславливают применение разнообразных полимерных материалов для защиты от влаги: лаков, компаундов, герметиков, пленок и так далее. Однако защита полимерными материалами обладает тем недостатком, что не может обеспечить длительного сохранения высоких параметров изделий, поскольку все органические полимерные материалы обладают влагопроницаемостью ввиду не сплошности их строения. При этом из-за различия в структуре полимерные материалы различаются влажностными характеристиками, а, следовательно, и степенью влагозащиты.

Исходя из того, что проницаемость материалов в значительной степени связана с подвижностью макромолекул, а подвижность макромолекул полимеров, в свою очередь, зависит от степени полимеризации, от применяемых компонентов и от других факторов, то в этом смысле изучение диффузии можно рассматривать как метод исследования полимеров, а характеристики диффузии- как критерии оценки полимеров при выборе режимов отверждения ,рецептур, а также стабильности при воздействии на полимеры различных климатических и механических факторов.

Основная цель данной работы- выбрать и освоить метод исследования влагопроницаемости для сравнительных исследований сорбционных свойств полимерных материалов и использование этих свойств как критерия структурных изменений при отработке режимов и рецептур полимерных материалов.

## 1 ГЛАВА. Литературный обзор

### 1.1 Обзор факторов, влияющих на СИ электротехнического оборудования.

При разработке конструкции изоляции должно быть известно, как изменяются её свойства после технологических воздействий в процессе производства и эксплуатации. Высокие показатели конструкции в исходном состоянии в какой-то степени могут свидетельствовать о том, что изоляция не выйдет из строя в период приработки, но в значительно меньшей степени могут послужить для прогноза интенсивности её старения и срока службы.

Основным фактором, определяющим работоспособность конструкции изоляции, является способность её противостоять эксплуатационным воздействиям. Поэтому при разработке конструкции изоляции следует знать и учитывать, при каких режимах и в какой среде, окружающей машину, будет работать изоляция.

Повреждения изоляции вращающихся электрических машин происходят под действием четырех основных факторов: тепловых, электрических, механических и окружающей среды. Степень воздействия каждого из этих факторов на изоляционные системы электрических машин различна. Интенсивность каждого из воздействий зависит от габаритов и конструкции машины, рабочего напряжения, режима работы и многих других эксплуатационных факторов.

Поскольку воздействиям подвержена вся система изоляции, создание совершенной изоляционной конструкции, которая одинаково хорошо противостояла бы всем видам воздействий, представляется маловероятным и почти невозможным. Именно по этой причине разрабатывают специальные системы, отвечающие в первую очередь вполне определенным условиям работы. Важно определить, какие из воздействий наиболее опасны в каждом

конкретном случае, и спроектировать изоляционную систему, наилучшую для данных условий.[2]

### *Тепловое старение*

Обычно основным воздействием, приводящим к повреждению изоляции, является тепловое. С повышением температуры уменьшаются механическая прочность изоляции и коэффициент теплопередачи. При температурном расширении изоляционных материалов ослабляется их структура, увеличиваются воздушные полости, возникают внутренние механические напряжения. Особенно большие механические напряжения возникают в жестко связанных системах значительно отличающимися коэффициентами теплового расширения. В процессе старения изоляции могут накапливаться продукты распада, приводящие к образованию газовых пузырей, что снижает её пробивное напряжение и механическую прочность.

Тепловое старение делает изоляцию уязвимой для механических воздействий. При потере механической прочности или эластичности изоляция не способна противостоять влаге и неодинаковым тепловым расширениям, и сжатиям меди, стали и изоляционных материалов. Усадка изоляции от воздействия тепла приводит к ослаблению креплений и «разбалтыванию» катушек, клиньев, пазовых прокладок и других крепежных конструктивных деталей, что способствует повреждению обмотки при относительно слабых механических воздействиях. Ослабление и неплотное прилегание проводников в пазу способствует ускоренному механическому износу изоляции отдельных проводников и ускоряют тепловое старение.[2]

### *Механические нагрузки*

Механические усилия, воздействию которых подвержены вращающиеся обмотки машин, в основном являются следствием центробежных сил, пусковых токов, вибрации и температурных деформаций. При эксплуатации электродвигателей возникает вибрация от небаланса

ротора, выработки подшипников, неуравновешенности проводимого механизма и передачи и т.д. В начальный период эксплуатации вибраций не сказывались на надежности обмоток, так как пропиточный лак цементирует обмотку. В дальнейшем с изменением механических свойств изоляционных материалов и пропиточных лаков вследствие теплового старения влияние вибрации на надежность изоляции обмотки и выводных проводов становится всё более ощутимым. Термомеханические нагрузки на изоляции зависят от температуры обмотки и степени её закрепления в пазу.[2]

Работоспособность изоляции в изделии в значительной степени зависит от физико-механических свойств полимерных материалов. Механические нагрузки и в первую очередь внутренние напряжения действуют на изоляцию, как в период работы изделия, так и в период, когда оно отключено. Они возникают в полимерных материалах в процессе изготовления изделия и затем «живут» в нем весь срок его фактического существования, в том числе во время транспортировки, хранения и монтажа. Недооценка роли внутренних напряжений и недостаточный учет механических нагрузок на полимерные материалы в конструкциях приводят к ухудшению эксплуатационных свойств изоляции, снижению её надежности. Механические нагрузки являются следствием электродинамических сил, возникающих в машине, неуравновешенности вращающихся частей, магнитного стяжения, центробежных усилий, ударов и толчков со стороны привода или приводного механизма. Механические характеристики изоляции зависят от температуры, а именно: при нагревании предел прочности изоляции быстро снижается и одновременно изоляция становится более эластичной. Механические нагрузки сокращают срок службы полимерных материалов. Поэтому разгрузка полимеров в конструкциях, рациональное конструирование систем электрической изоляции имеют большое значение в деле повышения качества изоляции. Эта разница в долговечности нагруженных и ненагруженных полимеров должна

учитываться и при разработке методов испытаний. Если для испытаний выбраны макеты, в которых полимеры находятся в условиях облегченных механических нагрузок, то в результате испытаний будет получен завышенный срок службы.[1]

### *Электрическое поле*

Действием электрического поля, как правило, пренебрегали, поскольку значение электрической прочности даже у состаренной низковольтной изоляции существенно выше, чем значение воздействующих напряжений и перенапряжений. Более того, в существующих ранее условиях рабочие напряженности электрического поля в изоляции низковольтных обмоток меньше напряжения начала ионизации. Следовательно, существовали все основания пренебречь незначительным воздействием электрических нагрузок и их вкладом в процессы старения изоляции низковольтных обмоток. Так же влияние электрического поля на срок службы изоляции исследовано пока недостаточно.[1]

### *Окружающая среда*

В процессе работы машины, когда температура изоляции значительно превышает температуру окружающей среды, при увеличении влажности воздуха диффузия влаги через поверхность в толщу изоляции усиливается, однако количество поглощаемой влаги с ростом температуры значительно уменьшается в связи со снижением коэффициента растворимости. В порах нагретой изоляции при работе во влажной атмосфере воздух не насыщен влагой, вследствие чего не имеет места адсорбция полимолекулярного слоя воды. Запыленность атмосферы у машин, система охлаждения которых предусматривает соприкосновение наружно атмосферы с изоляцией обмоток, может вызвать эрозию изоляции из-за ударов абразивных частиц. Эрозия наиболее сильна в местах, где воздушных поток имеет наибольшую скорость. загрязнение машин приводящей пылью в сочетании с увлажнением приводит

к поверхностному разрушению материала вследствие образования приводящих мостиков и обугливания поверхностных слоев изоляции обмоток высокого напряжения под действием ёмкостных токов. В тропических условиях влияние влаги усугубляется появлением на поверхности изоляции плесневых грибов, кислотные продукты жизнедеятельности которых могут её разрушать.

Наибольшее разрушающее воздействие на электрические машины оказывают мелкие частицы пыли до 15 мкм. Эти частицы проникают в пространство между движущимися частями, ограничивают их перемещение, увеличивают износ. Оседая на поверхности изоляции, пыль может образовать электропроводящие пути. Оседая на поверхности защитных покрытий, пыль в сочетании с влагой ускоряет протекание химических реакций, которые разрушают покрытия. Различают статическое и динамическое воздействия пыли на электрические машины. В основном для промышленности характерно статическое воздействие пыли. Для нормальных условий при статическом воздействии допускается концентрация пыли до 10 мг/м<sup>3</sup>. [2]

## 1.2. Влагостойкость и влагопроницаемость полимерных покрытий.

Влага является главным врагом электрической изоляции-этот вывод был сделан электриками ещё в конце прошлого века. Уже с тех пор проводились работы по защите изоляции от действия влажности и делались попытки объяснить причины ухудшения свойств изоляции при её увлажнении. [3]

Многочисленными исследованиями было показано, что все изолирующие материалы при поглощении влаги ухудшают электрические характеристики, а также снижают свою электрическую прочность. [3]

В воздухе всегда находится то или иное количество водяных паров, содержание которых меняется в зависимости от условий погоды и местности.

В закрытых помещениях содержания влаги может зависеть от специальных условий. Влагосодержание воздуха оценивается так называемой абсолютной влажностью, т.е. количеством пара, содержащимся в воздухе в  $г/м^3$ , или относительной влажностью, т.е. отношением абсолютной влажности к тому количеству водяных паров в  $г/м^3$ , которое при данной температуре насыщает пространство.

Под гигроскопичностью (влагопоглощаемостью) подразумевают способность материала поглощать водяные пары из воздуха с относительной влажностью 97-98% при 20°C.[3]

Гигроскопичность определяется как увеличение веса образца материала за 24 или 48 час, после нахождения его в условиях относительной влажности 96-98%, отнесённое к первоначальному сухому весу образца, выраженное в процентах, т.е.

$$\Gamma = \frac{G_2 - G_1}{G_1} = \frac{\Delta G}{G_1} \%,$$

*Где  $\Gamma$  – численная величина гигроскопичности;*

*$G_1$  – вес сухого образца;*

*$G_2$  – вес образца после выдержки его в условиях относительной влажности.*

Термин водопоглощаемость обычно применяют, если имеется в виду непосредственное погружение материала в воду. По своему эффекту (т.е. по увеличению веса за один и тот же промежуток времени) погружение в воду для изолирующих материалов, не имеющих крупных пор, равноценно помещению образца материала 100% влажности при той же температуре.

Термин водостойкость и влагостойкость имеют более широкий и в то же время менее определенный характер. В этом случае имеются в виду одновременные изменения электрических, а иногда и химических,



физических и механических свойств, происходящие в материале при помещении в воду (водостойкость) или в атмосферу высокой влажности (влагостойкость).

Обычные методы определения гигроскопичности просты в употреблении, но дают лишь ориентировочные результаты; зная величину гигроскопичности, нельзя предсказать дальнейшее увлажнение материала, так как равновесное увлажнение достигается в течении различного времени. Большое влияние оказывают физико-химические свойства и толщина материала. Эти методы требуют строгой тождественности образцов, что не всегда возможно обеспечить. Кроме того, у разных материалов одно и то же количество поглощённой влаги по-разному влияет на электрические характеристики материала.

Гораздо полнее процессы сорбции (влагопоглощения) можно характеризовать так называемыми влажностными характеристиками (иногда их называют диффузионными константами): коэффициентом проницаемости  $P$  [г/см·час·тор], коэффициентом диффузии  $D$  [ $см^2$  /час] и коэффициентом растворимости  $h$ [г/  $см^2$  тор ].

Коэффициентом проницаемости  $P$  характеризует процесс прохождения паров воды сквозь материал и определяется количеством граммов воды, прошедшей через мембрану толщиной в 1 см и площадью 1  $см^2$  при разности давлений 1 тор за единицу времени (1 час) при постоянной температуре.

Коэффициентом растворимости  $h$  характеризует процесс сорбции влаги органическими изолирующими материалами, т.е. процесс растворения, и определяется количеством граммов воды, растворенной в 1  $см^3$  материала, отнесенным к разности давлений 1 тор.

Коэффициентом диффузии  $D$  определяет скорость процесса сорбции и имеет размерность  $см^2$  /час или  $см^2$  /сек.

Все вышесказанное говорит о существовании непосредственной связи между природой материала и коэффициентами  $P$ ,  $D$  и  $h$ . Это дает возможность с помощью этих характеристик оценивать влагозащитные и влагостойкие свойства материала, учитывая не только величину гигроскопичности, но и изменения его электрических характеристик под действием влаги.[3]

### 1.3 Обзор методов определения механических свойств ЭИ ПС.

Методы определения адгезионной прочности пленок в принципе отличаются от методов, применяемых для определения адгезии частиц и жидкости. При измерении адгезии пленок методом их отрыва определяется адгезионная прочность, которая не равна фактической адгезии, а составляет только часть её. Лишь при помощи методов, основанных на не разрушении контакта адгезива и субстрата, возможно определение фактической адгезии. Адгезия частиц и жидкостей оценивается при помощи одного параметра: соответственно силы и работы. Адгезионная прочность определяется довольно значительным числом методов, и для оценки её отсутствует единый показатель. Адгезионную прочность можно оценивать, как при помощи силы, так и при помощи работы. Когда адгезионная прочность оценивается силой, то она измеряется в Па; при выражении адгезионной прочности посредством работы измерение проводят в Дж/м<sup>2</sup>. Основные трудности оценки адгезии пленок заключаются не только в отсутствии единого показателя, а главным образом в том, что величина адгезионной прочности существенно зависит от размеров отрываемых пленок и от методов отрыва. Вследствие этого адгезионная прочность одной и той же пленки разной толщины, например, к однотипным поверхностям имеет разные значения.

Адгезионная прочность будет зависеть от ширины пленки, скорости субстрата и ряда других факторов. Это создаёт дополнительные трудности при сравнении полученных результатов по адгезионной прочности однотипных систем. Поэтому иногда адгезионная прочность измеряется при помощи производных величин. К числу таких величин относятся: сила отрыва в расчете на единицу ширины отрываемой полосы адгезива (Н/м), сила с учётом ширины отрываемой пленки и времени воздействия [Н/(м\*с)], скорость отрыва пленки (м/с) и ряд других.

Все существующие методы оценки адгезионной прочности можно разделить на три группы. К первой группе относятся методы определения адгезии путем отрыва пленок, который происходит в результате нарушения адгезионного взаимодействия между адгезивом и субстратом. [5]

Таблица 1.

Направление внешнего воздействия	Условия нарушения адгезионного контакта	Название метода
Нормальное	Одновременное	Нормальный отрыв Центрифугирование Вибрация Инерционный
Тангенциальное	Последовательное Одновременное Последовательное	Отслаивание Расщепление Сдвиг Кручение Срез

Таблица 1. Методы оценки адгезионной прочности путем отрыва пленок.

Вторая группа методов основана на определении фактической адгезии пленок без нарушения адгезионного взаимодействия.

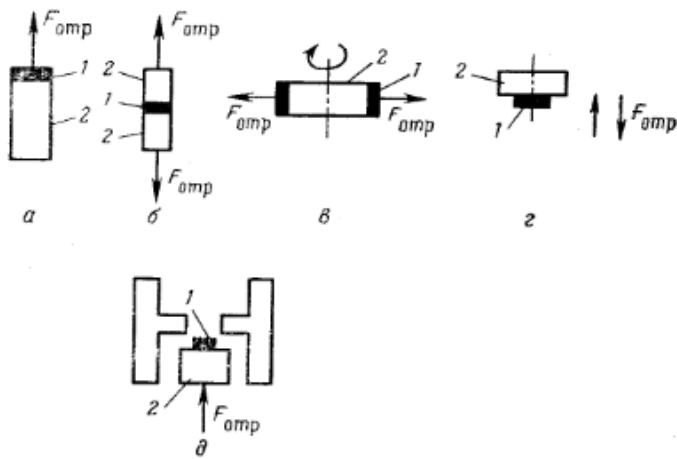


Рис.1. Методы определения адгезионной прочности пленки путем одновременного отрыва:

а, б-под действием внешней силы (нормальный отрыв); в - центрифугированием;

г-вибрации; д-за счет инерции; 1-адгезив, 2-субстрат;

Третья группа методов дает возможность получить относительные характеристики адгезионного взаимодействия – так называемые косвенные методы оценки адгезии.[5]

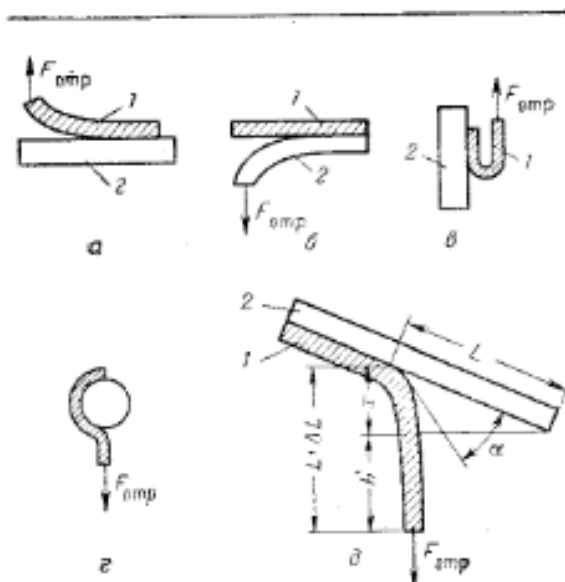


Рис.2. Методы определения адгезионной прочности пленок путем постепенного отрыва (метод отслаивания):

а, б, в, г, д – варианты метода отслаивания; 1- пленка; 2 – поверхность.

В первых двух группах методов адгезионное взаимодействие характеризуется количественно при помощи показателей, которые обусловлены адгезией пленок. Оценка адгезии при помощи косвенных методов позволяет получить лишь сравнительные данные при отсутствии прямой связи между этими данными и адгезионной прочностью.[3]

#### 1.4. Выводы, постановка задач на исследование.

1. Для НВ СИ основными требованиями являются сохранение механической прочности и влагостойкость(влагопроницаемость). В низковольтной изоляции воздействующее напряжение ниже, чем пробивное напряжение. Поэтому пробой возможен будет лишь тогда, когда будут трещины. Нет трещин-нет пробоя.

Так же влага представляет собой опасность, и способствует увеличению сопротивления изоляции и к короткому замыканию. Поэтому в данной работе рассматривается исследования метода влагопроницаемости полимерных пленок. Основной целью работы- освоить метод исследования влагопроницаемости для сравнительных исследований сорбционных свойств полимерных материалов и использования этих свойств как критерия структурных изменений при отработке режимов и рецептур полимерных материалов.

2. По определению механической прочности полимерных пленок в настоящее время существуют ряд методов, таких как: определения прочности при разрыве, определение относительного удлинения и так далее.

По определению влагопроницаемости полимерных пленок также существует ряд методов, к ним относятся:

1. Метод измерения давления.

2. Метод измерения тангенса диэлектрических потерь керамического индикатора влажности, используемого в качестве подложки для лакокрасочных покрытий.
3. Измерение сопротивления изоляции индикатора. В качестве подложек используются стеклянные трубки с электродами из серебряной пасты, нанесенной методом вжигания.
4. Изменение емкости образца помощью куметра.
5. Метод, в основе которого лежит применение воды меченой радиоактивным изотопом водорода-тритием.
6. Метод локального увлажнения.
7. С помощью измерительной ячейки.

Перечисленные методы обладают рядом недостатков. Сложные и трудоемкие в изготовлении установки (методы 1,5), сложность изготовления образцов для испытаний (методы 2,3,4), низкая чувствительность и ограниченность в исследовании характеристик метода 6, дают относительную оценку влагостойкости исследуемых материалов. Методы 1÷4 дают возможность определить только влажностные характеристики.

Предлагаемый метод (7) использует и обобщает некоторые принципы ранее разработанных методов. Пользуясь методом с помощью измерительной ячейки, можно определить одновременно влажностные и диэлектрические характеристики исследуемых материалов.[4]

3. В данной работе ставится цель: отработать метод определения влагопроницаемости полимерных пленок с помощью измерительной ячейки, разработанный научно-исследовательским институтом г.Владикавказ.[4]

**Задачи:**

1. Изучить процессы влагопоглощения в полимерной пленки.
2. Отработать методику определения подготовки образцов испытания, составление плана работы.
3. Собрать учебно-лабораторную установку для определения влагопроницаемости полимерной пленки.
4. Построить градуировочную кривую  $tq = f(Qг.)$
5. Разработать рекомендации по определению влагопроницаемости полимерной пленки.

## ГЛАВА 2. Методическая часть

### 2.1 Методика определения влагопроницаемости полимерных пленок.

В данной работе используется метод определения влагопроницаемости полимерных материалов с помощью измерительной ячейки. Предлагаемый метод позволяет определить величину влагопроницаемости в практических единицах  $Q$  (г. мк/см<sup>2</sup> сутки), а также величину коэффициента влагопроницаемости  $P$  (г. мк см час. мм.рт.ст.)[4]

1. Измерительная ячейка состоит из герметично закрывающейся камеры повышенной влажности. Внутри камеры помещается «сухая» камера, внутри которой устанавливается индикатор влажности.

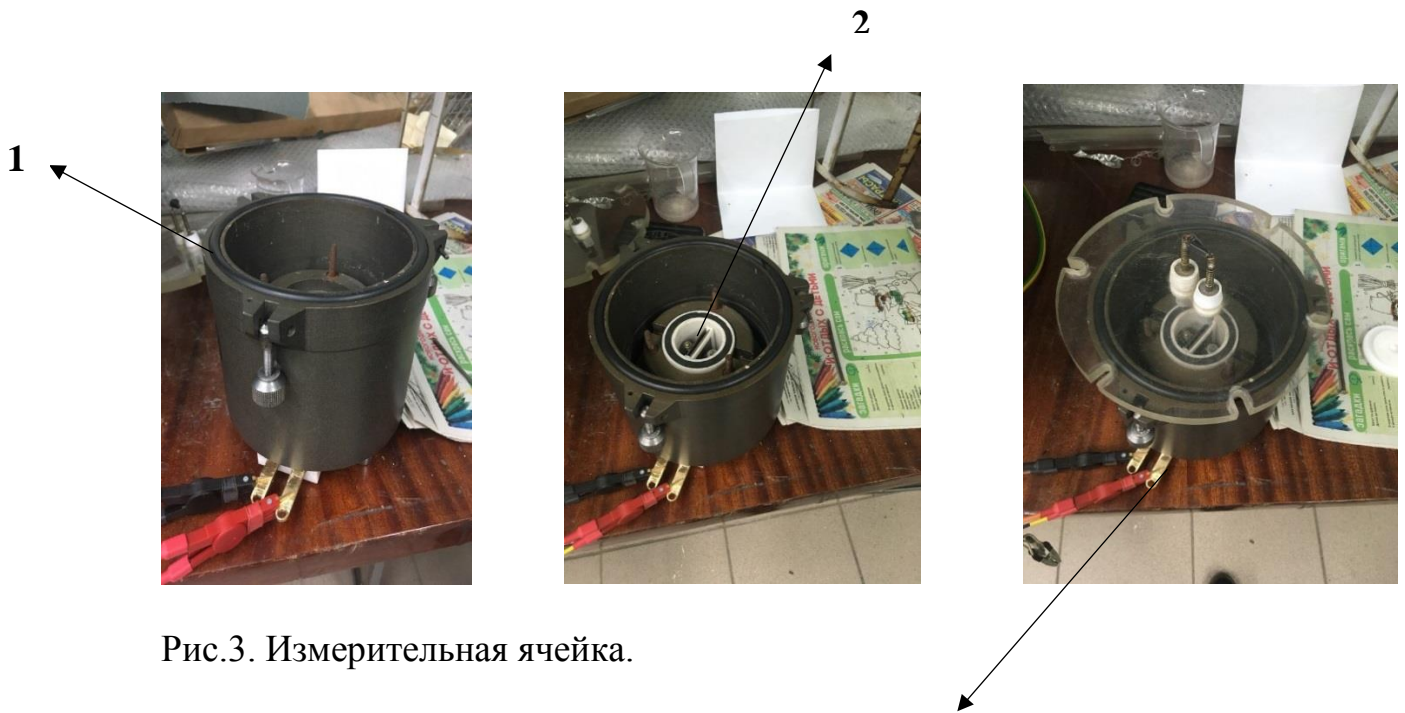


Рис.3. Измерительная ячейка.

1. Сухая камера,
2. Камера влажности,
3. Электроды.

По данному способу определяются следующие показатели, характеризующие влагопроницаемость органических полимерных материалов:

- $\tau_1$  – время начала регистрации, проникшей через образец влаги,
- $\tau_2$  – время установления стационарного потока влаги сквозь образец материала.
- $\tau_2$  определяется величиной отрезка от начала координат до пересечения с перпендикуляром, опущенным на ось времени из точки сопряжения касательной с её линейным участком.

Коэффициент влагопроницаемости  $P$  рассчитывается по формуле:

$$P = P = \frac{\Delta Q_{\Gamma} \times h}{S \times \Delta \tau \times \Delta P} \left[ \frac{z}{\text{см} \times \text{час} \times \text{торр}} \right], \text{ где}$$

- $\Delta Q_{\Gamma}$  - количество прошедшей через образец влаги при стационарном потоке за время  $\Delta \tau$ , выраженное в г.
- $h$  – толщина образца в см,



- $S$  – площадь поверхности образца в  $\text{см}^2$ ,
- $\Delta P = P_2 - P_1 = P_2 = 17,54$  мм.рт.ст. при температуре  $+ 20^\circ\text{C}$ , т.к. в сухом объёме с индикатором влаги  $P_1 = 0$ . [4]

2. Индикатор влажности. Индикатор представляет собой два электрода из нержавеющей стали, пространство между которыми заполнено силикагелем марки ШСК. Электроды закреплены во фторопластовом устройстве и помещаются в «сухую» камеру. Выходное отверстие «сухой» камеры плотно закрывается испытуемым материалом. Таким образом, образец испытуемой плёнки отделяет «сухую» камеру от «влажной». Расстояние между электродами выбирается в зависимости от толщины образца: до 100мкм – 0,5мм, от 100 до 500мкм -1мм, от 500 до 1000мкм -2мм. [4]

**Сущность метода состоит в следующем:** вначале определяется характеристика индикатора, т.е. зависимость изменения  $tq\delta$  индикатора (без образца) от количества поглощенной им влаги, прирост влаги определяется взвешиванием индикатора и строится график этой зависимости  $q = f(Q_{г.}$  и  $\tau_{мин})$ . Затем устанавливается образец испытуемого образца в виде пленки толщиной от 5 до 1000 мкм в зависимости от исследуемого материала и так же по показанием измерителя добротности определяется изменение индикатора в зависимости от времени проникновения влаги через испытуемый образец пленки. Характеристика индикатора снимается до тех пор, пока не установится постоянная скорость проникновения влаги через образец. По полученным значениям строится график, выражающий приращение влаги в индикаторе со временем в зависимости от проницаемости полимерной пленки, с помощью которого определяются данные для расчета коэффициента влагопроницаемости.

## 2.2 Оборудование, измерительные приспособления.

1. Измерительная ячейка. Ячейка разработана в НИИ, п/я 1120 г. Владикавказ.
2. Индикатор влажности
4. Аналитические весы с точностью взвешивания до 0,0001г.,
5. Микрометр, с точностью измерения  $\pm 0,01$ мм.,
6. Термостат, поддерживающий температуру до  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ .
7. Мост типа LCR METER 4300.

## 2.3 Методика испытаний.

1. Для снятия графика зависимости тангенса угла диэлектрических потерь индикатора от количества поглощенной им влаги без испытуемого образца, производится градуировка индикатора от веса поглощённой им влаги со временем. Для начала:

- Индикатор тщательно просушить при температуре  $(160 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  в течении 2-х часов и хранить в эксикаторе.

При сушке индикатор следует ставить «сухую камеру» с индикаторным силикагелем в выключенный термостат непосредственно на дно термостата и сушить при температуре  $160^{\circ}\text{C}$  не менее 2-х часов (между доньшком сухой камеры и дном термостата не должно быть посторонних подставок, прокладок). Перед проведением испытаний проверять целостность цепи между электродами индикатора сухой камеры и контактами ячейки. Омическое сопротивление должно иметь минимальную величину Ом. При высоком омическом сопротивлении прочистить все контакты.[4]



Рис.4. 1.Сушка индикатора.

2. Термостат.

Для снятия начальной величины тангенса угла диэлектрических потерь индикатора «сухую» камеру поместить в корпус ячейки прикрыть крышкой и определить начальное значение тангенса угла потерь.

Индикатор должен иметь температуру окружающей среды.

## 2.5 Определение массы образцов.

Определения массы образцов осуществляется при помощи аналитических весов, и имеется ряд требований:

- 1) Аккуратно работать с аналитическими весами,
- 2) снимать и ставить на чашки весов разновески и экспериментальные образцы только при ориентированных весах (рычажок отключения вниз),
- 3) при взвешивании окна весов должны быть закрыты, а вентиляция в помещении выключена.



Рис.5. Аналитические весы. Взвешивание «сухой» камеры.

После взвешивания «сухую» камеру перенести в корпус ячейки, фторопластовую крышку открыть, камеру влажности герметично закрыть – ячейка готова для испытания. В канавку основания корпуса ячейки наливаем воду и прикрываем крышкой для создания влажной среды в течение не менее 30 минут.

#### 2.4. Изготовление свободных полимерных плёнок

- На приспособление для изготовления полимерной плёнки положить полиэтилентерефталатную плёнку марки ПЭТ-Э, не имеющую адгезии к полимерным материалам.
- Плёнку прижать кольцом и зафиксировать гайками типа «барашек» так, чтобы она находилась в натянутом состоянии без морщин.
- Зазор между плёнкой и кольцом покрыть высыхающим герметиком типа ВГО-1 для предотвращения протекания лака.
- Лак сушить по техническим условиям.

- Лак УР-231 сушить на воздухе не менее 2х часов затем в термостате при температуре 60-80°C в течении 3-2 часов соответственно.[4]



Рис.6. Пленка покрытая герметиком



Рис.7. Пленка покрытая лаком УР-231.

## 2.5 Методика определения $t_{q\delta}$

1. Определение тангенса угла диэлектрических потерь индикатора без испытуемого образца от поглощённой им влаги, т.е. градуировка индикатора по поглощённой им влаги со временем.

- Индикатор тщательно просушить при температуре  $(160 \pm 5)^\circ\text{C}$  в течении 2-х часов и хранить в эксикаторе.
- В камеру налить воды и прикрыть крышкой для создания влажной среды в течение не менее 30 мин.

- Для снятия графика зависимости тангенса угла диэлектрических потерь индикатора от поглощённой им влаги его быстро переносят в «сухую» камеру и закрывают фторопластовой крышкой. Индикатор должен иметь температуру окружающей среды.
- «Сухую» камеру с индикатором взвешивают на аналитических весах.
- После взвешивания «сухую» камеру переносят в корпус ячейки прикрывают крышкой и определяют начальное значение ёмкости  $C$  и добротности  $q$  ячейки.
- Фторопластовую крышку открыть, камеру влажности герметично закрыть – ячейка готова для испытаний. Первые два замера ёмкости и добротности делают через каждые 5-10 мин, затем через каждые 10 мин до насыщения индикатора. При этом каждый раз после замера добротности, открыв ячейку, быстро закрывают «сухую» камеру фторопластовой крышкой и переносят её на аналитические весы. После взвешивания, вернув камеру в ячейку, вновь определяют добротность системы. По полученным значениям добротности и ёмкости рассчитывают  $tq$  системы по формуле где,

$$tq = \frac{C_1}{C_1 - C_2} \left( \frac{1}{q_2} - \frac{1}{q} \right),$$

$C_1$  – исходная ёмкость без влаги;

$C_2$  – в каждой экспериментальной точке увлажнения индикатора;

$q_1$  – добротность системы исходная без влаги;

$q_2$  – добротность в каждой экспериментальной точке увлажнения индикатора.

По полученным значениям изменения веса индикатора и соответствующим значениям  $tq\delta$  построить график зависимости  $tq = f(Q_r \text{ и } \tau_{\text{мин}})$  Это градуировочная кривая индикатора, которая в дальнейшем используется для определения влаги, проходящей через испытуемый образец уже без взвешивания «сухой» камеры, а только по величине тангенса угла потерь, замеренного через тот же промежуток времени.[4]

*Допустимо для подтверждения стабильности, достоверности величин индикатора:*

- *повторить трижды указанную выше градуировку,*
- *определить характеристику ячейки сразу после установки в ячейку «сухой» камеры без выдержки во времени,*
- *снять характеристики индикатора без взвешивания через те же промежутки времени.*

Измерение  $tq\delta$  диэлектрических потерь индикатора, осуществляется при помощи моста RLC-4300.



Рис.8. Измеритель RLC-4300.

Измеритель серии RLC-4300 обеспечивает 4-х проводное измерение электрических параметров пассивных компонентов в частотном диапазоне от 20 Гц до 1 МГц.

Краткие характеристики:

- Измерение комплексного сопротивления на переменном токе, ёмкости, индуктивности, тангенса угла потерь, добротности, фазового сдвига.
- Измерение сопротивления постоянному току  $R_{dc}$
- Базовая погрешность 0,1 %
- Частота тест-сигнала до 1 МГц (43100)
- Источник внутреннего постоянного смещения  $\pm 2V$
- Интерфейсы: GPIB, RS-232, USB, LAN



*Измеритель предназначен для работы на лабораторном столе. Прибор охлаждается с помощью конвекции, поэтому необходимо следить за тем, чтобы никакие его вентиляционные отверстия не были перекрыты.*

## 2.6 Определения влажностных характеристик исследуемого материала, плёнок, плёнок лака, компаунда и других листовых материалов.

- Подготовленный к поглощению влаги индикатор быстро устанавливают в «сухую» камеру, накрывают фторопластовой крышкой и переносят в измерительную ячейку.
- Удалив крышку «сухой» камеры исследуемый образец быстро (30-40сек) укладывают на торец «сухой» камеры между резиновыми прокладками, затем с помощью металлического кольца и затяжных болтов его плотно прижимают к камере.
- Подключив ячейку к измерительному прибору, определяют начальный тангенс угла диэлектрических потерь.
- В канавку основания корпуса ячейки заливают дистиллированную воду и закрывают ячейку крышкой. Измерение тангенса индикатора с образцом производят через каждые 15 мин в течение первого часа, а затем замеры производят через каждый час до установления постоянного потока влаги через образец, что будет обнаружено по неизменяющимся параметрам части графика  $tq\delta = f(\tau)$ .

По полученным значениям тангенса строится график  $tq$  индикатора от времени увлажнения исследуемого материала.

По графикам  $tq\delta = f(Q_r \text{ и } \tau_{\text{мин}})$  – характеристика индикатора и  $tq\delta = f(\tau)$  испытуемого образца, строят основной график, выражающий приращение влаги в индикаторе, проникающей через образец со временем  $Q_r = f(\tau)$ . [4]

## ГЛАВА 3. Экспериментальная часть.

### 3.1. Объект исследования лак УР-231.

Лак УР-231 расшифровывается как эпоксидно-уретановый общепромышленного назначения. Изделия, покрытые лаком, могут эксплуатироваться в условиях умеренного, холодного и тропического климата как внутри помещения, так и под навесом или в помещениях (объёмах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха. Лак имеет класс нагревостойкости Е по ГОСТ 8865, что соответствует температуре 120°C. Наносится без предварительного грунтования по чёрным металлам, на оцинкованную и кадмированную сталь и алюминиевые сплавы. Образует эластичное глянцевое прочное покрытие с хорошей адгезией и высокими физико-механическими свойствами, такими как твердость, прочность, стойкость к воздействию спирто-нефрасовой смеси. Получаемая плёнка лака обладает высокими электроизоляционными свойствами - электрическая прочность, удельное объемное электрическое сопротивление, диэлектрическая проницаемость. Лак имеет большой срок годности (жизнеспособности) после смешения компонентов, наносится различными методами, высыхает в естественных условиях и при горячей сушке. [14]

**Состав:** Легковоспламеняющийся лак УР-231 является двухкомпонентным материалом, состоящим из полуфабрикатного алкидно-эпоксидного лака (УР-0231), с долей нелетучих веществ до 32%, и отвердителя, который представляет собой 70%-ный раствор диэтилен-гликольуретана (ДГУ) в циклогексаноне. Содержание летучих веществ: ксилол, толуол, бутилацетат,

циклогексанон. Используется алкидно-эпоксидная смола Э- 30, которую производят из смеси древесного (тунгового) и льняного масла, либо же из чистого льняного масла. Отвердитель – пимелинкетон (циклогексанон) с 70% раствором ДГУ уретана (диэтилен- гликольуретан 80/20). Путем смешивания лака и отвердителя получается прозрачная смесь. После нанесения необходимо просушить поверхность в течение девяти часов при 20°C, в течение восьми часов при 65°C.[14]

**Условия хранения.** Лак хранят в темном месте в плотно закрытой таре, предохраняя от влаги, действия тепла и прямых солнечных лучей при температуре от - 40°C до +40°C. Гарантийный срок хранения компонентов при комнатной температуре - 6 месяцев.[14]

### 3.2 Построения градуировочной кривой.

Цель данной ВКР является определения влагопроницаемость по увеличению тангенса угла диэлектрических потерь индикатора, вызванного поглощением водяных паров, проникающих через исследуемый материал под действием постоянной разности давлений с обеих сторон испытуемого образца без испытуемого образца. [4]

Полученные результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Вес сухой камеры с индикатором, г	$tq\delta$	Время испытаний, мин	Прирост влаги в индикаторе, г	Суммирование прироста влаги в индикаторе, г
272,01635	0,34	5	0,00765	
272,02400	0,39	10	0,00600	0,01365
272,03000	0,40	15	0,00305	0,01670

272,03305	0,44	20	0,00330	0,02000
272,03635	0,46	25	0,00195	0,03950
272,03830	0,51	30	0,00122	0,04072
272,03952	0,57	35	0,00188	0,04260
272,04140	0,64	40	0,00180	0,04440
272,04320	0,66	45	0,00205	0,04645
272,04525	0,74	50	0,00169	0,04814
272,04694	0,80	55	0,00143	0,04957
272,04837	0,83	60	0,00163	0,05120
272,05000	0,88	65	0,00170	0,05290
272,05170	0,93	70	0,00160	0,05450
272,05330	0,98	75	0,00145	0,05595
272,05475	1,07	85	0,00325	0,05920
272,05800	1,09	90	0,00122	0,06042
272,05992	1,11	95	0,00100	0,06142
272,06092	1,19	100	0,00163	0,06305
272,06255	1,23	105	0,00155	0,06460
272,06410	1,25	110	0,00210	0,06670
272,06630	1,28	115	0,00125	0,07920
272,2500	2,08	285	0,24800	0,25591
272,3412	2,38	340	0,09100	0,34591

Таблица 2. Определение тангенса угла диэлектрических потерь индикатора без испытываемого образца от поглощённой им влаги.

Далее строим график зависимости  $tq\delta$  в зависимости от поглощённой влаги и времени испытания. При этом на оси ординат откладывать  $\Delta Q_r$  -

количество влаги, прошедшей через за время  $\Delta\tau$ , и время  $\Delta\tau$ , выраженное в мин. По оси абсцисс откладывать  $tq\delta$ .

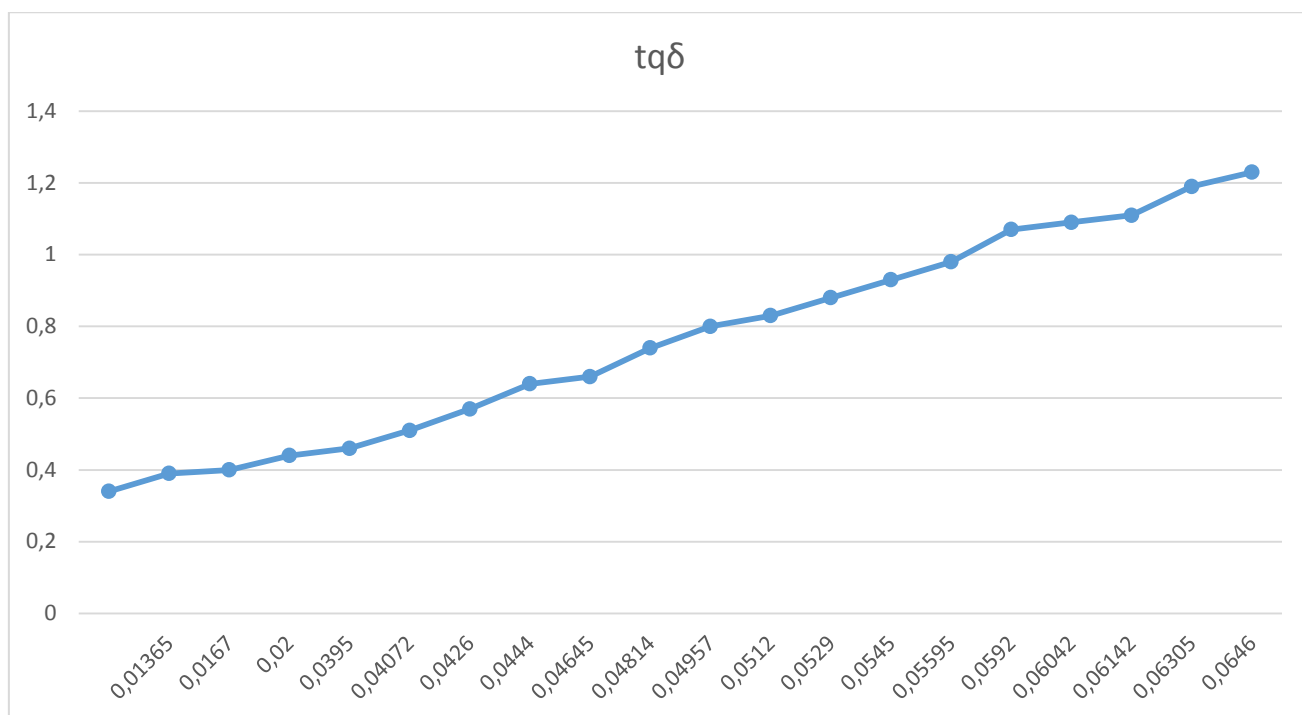


Рис.9. Зависимость  $tq\delta = f(Q_r)$

### 3.3 Отработка методики определения влагопроницаемости полимерных материалов.

В 1 главе при анализе литературных данных было сказано, что существуют четыре основных факторов для НВ ЭМ влияющих на СИ, такие как: тепловые, электрические, механические и окружающая среда. Степень воздействия каждого из этих факторов на изоляционные системы электрических машин различна. Интенсивность каждого из воздействий зависит от габаритов и конструкции машины, рабочего напряжения, режима работы и многих других эксплуатационных факторов.

Так же указали, что все изолирующие материалы при поглощении влаги ухудшают свои электрические характеристики  $\epsilon$ ,  $\rho$  и  $tq\delta$ , а также снижают

электрическую прочность. Этот вопрос имеет большое, практическое значение, так как почти все электро- и радиоконструкции работают на воздухе, содержащем 60-80% относительной влажности; во многих случаях она достигает величин порядка 98%. [3]

В данной работе освоен метод исследования влагопроницаемости полимерных материалов с помощью измерительной ячейки.

Установка собрана, методика изучена. Градуировочная кривая построена (без испытываемого образца). На готовых пленках измерение проводить можно. Кривая будет приведена.

На будущее существует цель, доработать методику по подготовки пленки из отвержденного компаунда, чтобы была возможность оценивать лаковые покрытия.

*В представленной работе было выполнено следующее:*

- 1. Отработана методика определения характеристики индикатора без испытываемого образца;*
- 2. Определена относительная достоверность результатов, полученных по данному методу, по их повторяемости при многократных испытаниях однотипных образцов (силикагель).*
- 3. Определена методика отсчета начальных показаний прибора после загрузки образцов в ячейку.*

## 5. 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.

### 5.1 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.

#### 5.1.1 SWOT-анализ научно-исследовательской работы

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

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

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Матрица SWOT

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

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



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

Таблица 4 - Интерактивная матрица возможностей

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

Таблица 5 - Интерактивная матрица угроз

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

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 4 и 5, показывает, что число сильных сторон у проекта количественно равно числу слабых. Аналогичная ситуация с количеством возможностей и угроз проведения исследований. Однако, если рассматривать возможности, то можно сделать вывод, что исследование будет эффективным, поскольку их влияние на сильные стороны проекта больше, чем на слабые. Что касается угроз, то влияние на сильные и слабые стороны одинаково.

### 5.1.2 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 6.1

Таблица 6.1 - 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
Отработка методики определения влагостойкости полимерных пленок	3	Изучение процессов влагопоглощения в полимерных пленках	Студент-дипломник
	4	Сборка учебно-лабораторной установки для определения влагопроницаемости полимерных пленок	Студент-дипломник, научный руководитель
	5	Построение градуировочной кривой $tq = f(Q_r)$	Студент-дипломник
	6	Разработка рекомендаций по определению влагопроницаемости полимерных пленок	Студент-дипломник
Выводы по полученным результатам	7	Оценка результатов исследования	Студент-дипломник, Научный руководитель
Оформление отчета по научному исследованию	8	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник
	9	Проверка выпускной квалификационной работы	Научный руководитель
Сдача выпускной квалификационной работы	10	Подготовка к защите ВКР	Студент-дипломник, Научный руководитель
	11	Защита ВКР	Студент-дипломник

### 5.1.3 Определение трудоемкости выполнения научного исследования

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

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

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.

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

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

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

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

Рассчитанные значения трудоемкости и продолжительности работы для выбранных исполнителей приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Календарная продолжительность работ

№	Название работы	Трудоёмкость работ, чел.-дн.						Длительность работ в рабочих днях	
		$t_{\min}$		$t_{\max}$		$t_{\text{ож}}i$		НР	СД
		НР	СД	НР	СД	НР	СД		
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1	-
2	Обзор научной и технической литературы	-	7	-	14	-	9,8	-	10
3	Изучение процессов влагопоглощения в полимерных пленках	-	1	-	2	-	1,4	-	1
4	Сборка учебно-лабораторной установки для определения влагопроницаемости полимерных пленок	1	3	2	5	1,4	3,8	1	4
5	Построение градуировочной кривой $t_q = f(Q_r)$	1	3	2	6	1,4	4,2	1	4
6	Разработка рекомендаций по определению влагопроницаемости полимерных пленок	-	3	-	5	-	3,8	-	4
7	Оценка результатов исследования	1	3	3	5	1,8	3,8	2	4
8	Составление пояснительной записки	-	4	-	8	-	5,6	-	6
9	Проверка выпускной квалификационной работы	1	-	3	-	1,8	-	2	-
10	Подготовка к защите ВКР	2	2	5	5	3,2	3,2	3	3
11	Защита ВКР	-	1	-	1	-	1	-	1

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

#### 5.1.4 Разработка графика проведения научно-исследовательской работы

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 6.1 строим план-график проведения работ (таблица 6.3).

Таблица 6.3 Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп-ли	Тр. раб. дн	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39				
1	Составление и утверждение технического задания	НР	1	■																																										
2	Обзор научной и технической литературы	СД	10	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																	
3	Изучение процессов влагопоглощения в полимерных пленках	СД	1											■																																
4	Сборка учебно-лабораторной установки для определения влагопроницаемости полимерных пленок	НР	1											■																																
		СД	4											■	■	■	■																													
5	Построение градуировочной кривой $tq = f(Q_2)$	НР	1																■																											
		СД	4																	■	■	■	■																							
6	Разработка рекомендаций по определению влагопроницаемости полимерных пленок	СД	4																																											
		НР	2																																											
7	Оценка результатов исследования	СД	4																																											
		НР	2																																											
8	Составление пояснительной записки	СД	6																																											
9	Проверка выпускной квалификационной работы	НР	2																																											
10	Подготовка к защите ВКР	НР	3																																											
		СД	3																																											
11	Защита ВКР	СД	1																																											

Исходя из составленной диаграммы, можно сделать вывод, что продолжительность работ занимает чуть больше одного месяца. Продолжительность выполнения технического проекта составит 39 дней. Из них для каждого в отдельности:

- 37 дней - продолжительность выполнения работ студента-дипломника;
- 10 дней - продолжительность выполнения работ научного руководителя.

## 5.2 Составление сметы затрат на разработку научно-исследовательской работы

Смета затрат включает в себя следующие статьи

- Материальные затраты;
- Полная заработная плата исполнителей технического проекта;
- Отчисления ее внебюджетные фонды(страховые отчисления);
- Накладные расходы.

### 5.2.1 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:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (1.2)$$

где  $m$  - количество видов материальных ресурсов;

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

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

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

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, представлены в таблице 4.4.

Таблица 6.4 - Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ( $Z_M$ ), руб.
Мышка	1	450	450
USB - накопитель	1	500	500
Бумага	1	250	250
Ручка	2	40	80
<i>Итого</i>			<i>1280</i>

При расчете материальных затрат не учитывались материальные расходы, так как все материалы были доставлены на рабочее место самими исполнителями технического проекта (дипломником и научным руководителем).

### 5.2.2 Расчет полной заработной платы исполнителей темы

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

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (1.3)$$

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 :

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (1.4)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.



Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}, \quad (1.5)$$

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 6.5.

Таблица 6.5 – 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.	$T_{\text{р}}$ раб.дн.	$Z_{\text{осн}}$ руб.
Научный руководитель	29000	2550	37700	40250	1548	10	15480
Студент-дипломник	1854	400	556	2810	108	37	3996
<i>Итого</i>							<i>19476</i>

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (1.6)$$

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

Расчёт полной заработной платы приведён в таблице 6.6.

Таблица 6.6 - Расчет полной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{полн}}$ , руб.
Научный руководитель	0,15	15480	2550	18030
Студент-дипломник	0,12	3996	400	4396

<i>Итого</i>		19476	2950	22426
--------------	--	-------	------	-------

### 5.2.3 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{полн}}, \quad (1.7)$$

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:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 \cdot 22426 = 6773 \text{ руб.}$$

### 5.2.4 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.

$$Z_{\text{накл}} = \sum Z \cdot k_{\text{нр}}, \quad (1.8)$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

#### 5.2.5 Формирование сметы затрат технического проекта

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

Определение бюджета затрат на технический проект приведен в таблице 6.7.

Таблица 6.7 - Смета затрат технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Доля, %
Материальные затраты ТП	1,28	3,2
Затраты на оплату труда	22,43	54,2
Отчисления во внебюджетные фонды	6,77	16,5
Накладные расходы	10,9	26,1
<i>Итого</i>	<i>41,38</i>	<i>100,0</i>

Исходя из сметы затрат, на технический проект требуется 41,38 тыс. рублей. Согласно диаграмме Ганта продолжительность всей работы составила 37 рабочих дней.

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

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект будет эффективным, так

как влияние возможностей на сильные стороны проекта больше, чем на слабые, когда количество сильных и слабых сторон одинаково;

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 41,38 тыс. рублей.

## 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, повышения уровня вибрации, превышение электромагнитных излучений, поражение электрическим током, техника безопасности при работе с растворителями. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Социальная ответственность (social responsibility) – 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;

Социальная ответственность является также свойством/чертой характера личности. Ответственность личности - это черта характера, приобретаемая в результате воспитания и учета моральных норм общества.

Социальная ответственность личности отражается в его решениях, поставленных целях и их приоритетах, средствах и методах реализации решений. Она реализуется в конкретных делах компании (руководителя), направленных в первую очередь

на помощь в создании приемлемого уровня жизнеобеспечения своих работников, членов их семей и социально незащищенных групп населения.

## 6.1 Анализ опасных и вредных факторов

К вредным факторам относятся вещества и соединения, которые при контакте с организмом человека могут вызывать нарушения индивидуальной чувствительности.

В данной таблице приведем основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на рабочем месте. Данные элементы представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Опасные и вредные факторы производственной среды.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Вибрация	повышенный уровень вибрации на рабочем месте		СН 2.2.4/2.1.8.566-96
Шум	повышенный уровень шума на рабочем месте		СН 2.2.4/2.1.8.562-96
Электробезопасность		повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.038-82
		Повышенный уровень электромагнитных излучений	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

Состояние воздушной среды	отклонение показателей микроклимата в помещении		СанПиН 2.2.4.548-96
Пожароопасность		Повышенный уровень пожароопасности	НПБ 105-03
Освещенность	недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Воздействие указанных неблагоприятных факторов приводит к снижению работоспособности, вызываемое развивающимися утомлениями. Появление и развитие утомления связано с изменениями, возникающими в процессе работы в центральной нервной системе, с тормозными процессами в коре головного мозга. Длительное нахождение человека в зоне комбинированного воздействия различных неблагоприятных факторов может привести к профессиональному заболеванию.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света. Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеет ряд существенных преимуществ: по спектральному составу близки к дневному, естественному свету; обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); более длительный срок службы.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0[35] освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения.

6.2 Защита человека от вредных факторов рабочего места, характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой.

#### *Защита от акустического шума*

Основными вредными факторами при работе являются шум и вибрации. Источникам акустического шума являются вытяжки на производстве. Допустимый уровень шумов для лаборатории 75 дБ. Нормируемые параметры постоянного шума являются уровнем звукового давления  $L$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Для ориентировочной оценки допускается использование уровня звука  $L_a$ , дБ(А).

Защита от шумов – индивидуальное использование наушников или беруш. Шум возникающий при работе вытяжки достигает порядка 35 дБ, что также не превышает допустимого уровня шумов в рабочем помещении.

Таблица 8.



Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ									По шкале
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

### *Защита от электрического тока*

Электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного для жизни воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность (75% и более), высокая температура(35°C), токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования, токопроводящие полы.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения

изоляции;

- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются :

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;

- применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления);

- наличие общего рубильника;

- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Повышенный уровень электромагнитных излучений, и его оценка проводится при выполнении работ с ПЭВМ. Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются чаще всего токоведущие части действующих электроустановок.

Неблагоприятное воздействие токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля 160–200 А/м (Согласно ГОСТ 12.1.002. ССБТ «Электрические поля промышленной частоты».)

Допустимые уровни напряженности электрических полей:

1.1. Предельно допустимый уровень напряженности воздействующего ЭП устанавливается равным 25 кВ/м.

Пребывание в ЭП напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается.

1.2. Пребывание в ЭП напряженностью до 5 кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня.

1.3. При напряженности ЭП свыше 20 до 25 кВ/м время пребывания персонала в ЭП не должно превышать 10 мин.

Практически при обслуживании и нахождении даже в зоне мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20–25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля. В соответствии с нормами допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне.

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов.

При работе с ПЭВМ допустимые уровни электромагнитных полей указаны в таблице 9.

Таблица 9 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ лабораторной установки

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500

## *промышленной частоты*

Оценка и нормирование ПМП осуществляется по уровню магнитного поля

дифференцированно в зависимости от времени его воздействия на работника за смену для условий общего (на все тело) и локального (кисти рук, предплечье) воздействия. Уровень ПМП оценивают в единицах напряженности магнитного поля (Н) в А/м или в единицах магнитной индукции (В) в мТл. ПДУ напряженности (индукции) ПМП на рабочих местах представлены в таблице 10:

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	

При необходимости пребывания персонала в зонах с различной напряженностью (индукцией) ПМП общее время выполнения работ в этих зонах не должно превышать предельно допустимое для зоны с максимальной напряженностью (согласно, Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях".)

### *Пожароопасность*

Пожарная опасность электроустановок, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляция обмоток машин, проводов и кабелей.

Согласно строительным нормам и правилам, в зависимости от характеристики вращающихся в производстве веществ и их

количества, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещение лабораторного комплекса, согласно Техническому регламенту, можно классифицировать по пожарной опасности, как помещение категории В, т.к. оно содержит твердые и волокнистые горючие вещества, не выделяющие горючую пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние.

Пожар на производстве может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся:

- 1) неисправность производственного оборудования и нарушение техн
- 2) халатное и неосторожное обращение с огнем;
- 3) неправильное устройство и неисправность вентиляционной системы;
- 4) самовоспламенение или самовозгорание веществ. К причинам электрического характера относятся:

- 1) короткое замыкание;
- 2) перегрузка проводов;
- 3) большое переходное сопротивление;
- 4) искрение;
- 5) статическое электричество

Исходя из норм пожарной безопасности для помещений площадью до 100 м<sup>2</sup> в качестве первичного средства пожаротушения требуется один углекислотный огнетушитель типа ОУ-5, с помощью

которого можно тушить возгорания различных материалов и установок напряжением до 1000 В, либо один хладоновый огнетушитель ОХЛ-10.

Комплекс организационных и технических мероприятий пожарной профилактики позволяет предотвратить пожар, а в случае его возникновения обеспечить безопасность людей, ограничить распространение огня, а также создать условия для успешного тушения пожара.

### *Освещенность*

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

Реальная освещенность на рабочем месте может быть взята из паспорта производственного помещения, материалов аттестации рабочих мест по условиям труда, измерена при помощи люксметра, или определена путем расчета, изложенного в соответствующей литературе.

Искусственное освещение в зависимости от назначения можно разделить на следующие виды:

- 1) аварийное,
- 2) рабочее,
- 3) специальное.

Основные требования к рабочему освещению:

- 1) создание достаточной освещенности на рабочих местах согласно нормам;
- 2) высокое качество освещения – спектральный состав,

близкий к естественному, ограничение прямой и отраженной блёскости, рациональное направление света, постоянство освещенности во времени;

- 3) бесперебойность и длительность работы установки в данных условиях среды;
- 4) пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;
- 5) экономичность осветительной установки.

По СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение для лабораторий научно-исследовательских учреждений норма освещенности составляет 400лк.

### 6.3 Микроклимат

Помещение характеризуется:

- наличием большого количества металлического оборудования;
- повышенной температурой.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 11.

Таблица 11

Сезон года	Категория работ	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
		По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88	По ГОСТ 12.1.005 – 88
Холодный	Средней тяжести	17 – 19	40 – 60	0,3
Тёплый со	Средней	20 – 22	40 – 60	0,2 – 0,5

значительным избытком тепла	тяжести			
-----------------------------------	---------	--	--	--

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96(1), следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по СНиП 2.04.05 – 91\* (28.11.91) установка центробежных вентиляторов. Кратность воздухообмена 1;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;

Предусмотренные мероприятия обеспечивают параметры микроклимата в соответствии с нормами, представленными в таблице 1.

В соответствии с Сан ПиН 2.2.4.548 – 96(1) значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются, для рабочей зоны производственных помещений, в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины явного избытка тепла, выделяемого в помещении и периода года.

### **Гигиенические требования**

При работе с ПК и монитором необходимо обеспечить наилучшие значения визуальных параметров в пределах оптимального диапазона, указанного в таблице 12.

Таблица 12 - Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
-----------	---------------------



Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м <sup>2</sup>
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ±20%
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться

### 6.3 Защита окружающей среды

Работа в лаборатории сопряжена с образованием и выделением газообразных, жидких и твердых отходов.

Газообразные отходы, загрязняющие воздух помещения: естественные выделения - углекислый газ, пары воды, летучие органические соединения - ЛОС (альдегиды, кетоны), азотистые соединения; бытовая пыль; ЛОС, выделяющиеся в процессе эксплуатации отделочных материалов, лакокрасочных покрытий мебели и др. Перед выбросом воздух помещений подвергается обязательной очистке в фильтровентиляционных системах, что предотвращает атмосферу от загрязнения. Жидкие отходы - бытовые отходы, образующиеся в процессах влажной уборки помещений, при пользовании водопроводом, туалетом и т.п., сбрасываются в городскую канализацию и далее поступают в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

При обращении с твердыми отходами: бытовой мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов, пищевые отходы); отработанные люминесцентные лампы; офисная техника, комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства –

надлежит руководствоваться Постановлением Администрации г. Томска от 11.11.2009 г. №1110 (с изменениями от 24.12.2014) [15]: бытовой мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку); утратившее потребительские свойства офисное оборудование передают специальным службам (предприятиям) для сортировки, вторичного использования или складирования на городских мусорных полигонах. Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [16]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Ртуть люминесцентных ламп способна к активной воздушной и водной миграции. Интоксикация возможна только в случае разгерметизации колбы, поэтому основным требованием экологической безопасности является сохранность целостности отработанных ртутьсодержащих ламп. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки. В случае боя ртутьсодержащих ламп осколки собирают щеткой или скребком в герметичный металлический контейнер с плотно закрывающейся крышкой, заполненный раствором марганцевокислого калия. Поверхности, загрязненные боем лампы, необходимо обработать раствором марганцевокислого калия и смыть водой. Контейнер и его внутренняя поверхность должны быть изготовлены из не адсорбирующего ртуть материала (винипласта).

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности,

энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия. Во-первых, это улучшает экономические показатели деятельности предприятия (уменьшение расходов на электротепловую энергию). Во-вторых, экономия энергии означает уменьшение газа, мазута, угля, сжигаемого в топках котлов ТЭС и электроустановок (котельных) промпредприятий города Томска и области и одновременное уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Несмотря на кажущуюся малость такого вклада в энергосбережение и в защиту атмосферного воздуха от загрязнения массовое движение в этом направлении, в том числе, в быту, принесет значимый эффект.

#### 6.4 Экологическая безопасность

Продукты термического разложения токсичны. Процесс исследования также может иметь влияние на окружающую среду, как и объект исследования. Но в данном случае, негативные последствия могут быть вызваны только при возникновении пожара. В этом случае произойдет выброс продуктов горения за пределы производственного помещения. Помимо продуктов термического разложения используемых полимеров, согласно среди продуктов горения, негативно сказывающихся на экологии окружающей среды, имеют место углекислый газ (более  $0,11 \text{ кг/м}^3$ ), угарный газ (более  $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ ), соляная кислота (более  $23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ) и другие. При отсутствии аварийной ситуации, приводящей к выбросу продуктов термического разложения, также существуют следующие виды отходов, которые могут нанести вред окружающей среде: - сброс сточных вод; - твердые отходы. Безотходная технология является наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов промышленных предприятий. Это комплекс мероприятий в технологических процессах от обработки сырья до

использования готовой продукции, в результате чего сокращается до минимума количество вредных выбросов и уменьшается воздействие отходов на окружающую среду до приемлемого уровня.

## 6.5 Техническая безопасность при работе с растворителями.

К работам с растворителями, обладающими токсичными свойствами, допускаются рабочие, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинское освидетельствование, специальное обучение и имеющие удостоверение. Персонал допускается к работе после прохождения им: вводного инструктажа по технике безопасности, производственной санитарии и пожаробезопасности; инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте, который проводится также при изменении условий труда, характера работы или при нарушении правил техники безопасности. Повторный инструктаж персонал проводит не реже одного раза в три месяца.

Персонал при работе с растворителями обязан выполнять требования безопасности:

- а) правила внутреннего распорядка особенно в части запрета нахождения на работе в состоянии алкогольного или наркотического возбуждения
- б) правила пожарной безопасности;
- в) правила личной гигиены.

Растворители, поступающие для производства должны иметь этикетки, с указанием:

-мер предосторожности;

-квалификацию вещества по степени воздействия на организм, по опасности вызвать пожар;

-где находится паспорт.

Паспорт безопасности растворителя должен содержать:

-данные о составе, компонентах по оценки степени их опасности;

-меры по оказанию первой помощи;

-противопожарные меры;

-индивидуальную защиту;

-физические и химические свойства;

-токсикологическая информация;

-информацию о транспортировке;

## 6.6 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

Чрезвычайные ситуации можно классифицировать по типам и видам событий, лежащих в основе этих ситуаций, по масштабу распространения, по сложности обстановки, тяжести последствий.

В настоящее время существуют два основных направления

минимизации вероятности возникновения и последствий ЧС на административных объектах – это разработка инженерно-технических и организационных мероприятий. К инженерно-техническим мероприятиям относятся: строительство защитных сооружений, создание санитарно-защитных зон вокруг потенциально опасных объектов, инженерное оборудование территории региона с учетом характера воздействия прогнозируемых ЧС. К организационным мероприятиям относятся: эвакуация работающих (план), подготовка работающих к действиям при ЧС, подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей).

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- 1) Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- 2) Обучение персонала правилам техники безопасности;

3) Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации. Эксплуатационные мероприятия:

- 1) Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- 2) Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- 3) Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

## 6.7 Заключение по разделу

В данном разделе были рассмотрены вопросы, которые обуславливают социальную ответственность организации и лично перед окружающей средой и природой.

Также были выявлены опасные факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: вредные вещества, электрический ток, а также акустический шум. Каждый фактор соблюдается требованиями к этим факторам подтверждающиеся ГОСТ и СНиП, где предусматривается все ситуации, в которых могут произойти аварии, вредности и вред человеку.

Рассмотрены чрезвычайных ситуаций, которые могут возникать на установках. В результате, были выявлены факторы рабочего места, характеризующие процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой. Описано влияние этих факторов на организм человека. Кроме этого, были рассмотрены средства защиты от вредных и опасных факторов.

## Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы собрана учебно-лабораторная установка для определения влагопроницаемости полимерных пленок. Освоен метод исследования влагопроницаемости полимерных материалов с помощью измерительной ячейки. Отработана цель по созданию рабочего места по определению влагопроницаемости полимерных пленок. Построена градуировочная кривая зависимости  $tq\delta = f(Q_r)$ , выражающая приращение влаги в индикаторе, проникающей через образец со временем. На готовых пленках измерение проводить можно. Кривая приведена. На будущее поставлена цель доработать методику по подготовки пленки из отвержденного компаунда, чтобы была возможность оценивать лаковые покрытия.

Кроме того, в работе была выполнена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с



позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, исходя из которого, можно сделать вывод о том, что данная разработка перспективна.

Был выполнен анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Определена структура работ, а также произведено распределение исполнителей. Составлен календарный план-график проведения работ.

Определен бюджет затрат на научное исследование, который составляет 41,38 тысяч рублей. В бюджет входят: материальные затраты, заработная плата, отчисления на социальные цели, накладные расходы.

Помимо этого, был произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов производственной среды.

#### Список использованной литературы

1. Галушко, А.И. Надежность изоляции электрических машин / А.И. Галушко, И.С. Максимова, Р.Г. Оснач. – М.: Энергия, 1979. – 175 с.
2. Бернштейн, Л.М. Изоляция электрических машин общего назначения / Л.М. Бернштейн. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 376 с. 16
3. Михайлов М.М. Влагопроницаемость органических диэлектриков-М.: «Государственное энергетическое издание»,1960-163 с
- 4.Отчет по НИР «Определения влагопроницаемости полимерных пленок».
5. Зимон, А.Д. Адгезия пленок и покрытий / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1977. – 352 с.
6. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

7. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
8. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».
9. Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
10. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т «Пожарная безопасность. Общие требования».
11. СНиП П-12-77. «Защита от шума».
12. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования».
13. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Межгосударственный стандарт, 1979
14. Техническое описание. [www.spb-orion.ru](http://www.spb-orion.ru)

