

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка влияния испытательного напряжения на пробивное напряжение пленочной изоляции

УДК 621.315.616.9:621.3.015.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM09	Пунченко Дмитрий Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Рыжакина Т.Г.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Черемискина М.С.	—		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Костомаров П.И.	к.ф.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Юшков А.Ю.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен применять полученные знания о физико-химических свойствах и процессах в диэлектрических материалах при разработке и эксплуатации электротехнических изделий
ПК(У)-2	Способен осуществлять технологическое сопровождение и координацию работ при производстве, контроле, испытаниях и диагностике электротехнических изделий
ПК(У)-3	Способен разрабатывать новые и модифицировать существующие конструкции кабельных изделий, электроизоляционные и высоковольтные системы
ПК(У)-4	Способен осуществлять эксплуатацию и диагностику электротехнического и высоковольтного электрооборудования

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП 13.04.02

Юшков А.Ю.
(Ф.И.О.)

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM09	Пунченко Дмитрию Олеговичу

Тема работы:

Оценка влияния испытательного напряжения на пробивное напряжение пленочной изоляции
Утверждена приказом директора (дата, номер) №11-2/с от 11.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – Обмоточные провода с пленочной изоляцией, применяемые в качестве обмотки в ПЭД. Техническое задание на выполнение работ, обзор литературы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Обзор литературы 2. Методическая часть 3. Экспериментальная часть 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Раздел на иностранном языке

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Иностранный язык	Костомаров Петр Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Введение	
2. Литературный обзор	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM09	Пунченко Дмитрий Олегович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования Магистр
 Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетика и электротехника
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.12.2022 г.	Обзор литературы	30
12.05.2022 г.	Экспериментальная часть	35
16.04.2022 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
10.03.2022 г.	Социальная ответственность	10
24.05.2022 г.	Заключение	5
10.05.2022 г.	Обязательное приложение, выполненное на английском языке	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Леонов А.П.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭЭ ИШЭ	Юшков А.Ю	к.т.н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM09	Пунченко Дмитрию Олеговичу

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	Отделение Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и энергетических.	Бюджет проекта – не более 40 тыс.руб. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 1 балла (1,35) Оклад руководителя – 48107 руб. Оклад инженера – 21611 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	27,76 % материальные расходы 45,94 % расходы на оплату труда 13,8% накладные расходы 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	15 % отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	SWOT – анализ
2. Планирование и формирование комплекса работ (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности работы)	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работы; - определение трудоёмкости работы; - разработка графика Ганта.
3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной и экономической эффективности исследования	Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления социальные цели; - накладные расходы.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Оценка конкурентоспособности технических решений
- Матрица SWOT
- График проведения и бюджет НТИ
- Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.01.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		01.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM09	Пунченко Дмитрий Олегович		01.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
5AM09		Пунченко Дмитрий Олегович	
Школа	Инженерная школа энергетиков	Отделение (НОЦ)	Отделение электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ)
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

Оценка влияния испытательного напряжения на пробивное напряжение пленочной изоляции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения.	Объект исследования: обмоточные провода с пленочной изоляцией. Область применения: электроэнергетика и электротехника. Рабочая зона: лаборатория. Размеры помещения: 6,5×4×3,2 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: учебно-лабораторный высоковольтный стенд – 1 шт.; установка для высоковольтных испытаний макетных образцов кабельных изделий – 1 шт.; стул – 1 шт.; ручка – 1 шт.; тетрадь – 1 шт. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: подача высокого напряжения на изоляцию макетных образцов кабельных изделий.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования. – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	– Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата; недостаток естественного света; недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенный уровень шума; повышенный уровень электромагнитных полей (ЭМП); статическое электричество. – Опасные факторы: повышенное значение напряжения в электрической цепи (до 35 кВ); поражение электрическим током; термическое поражение.

	– Средства коллективной и индивидуальной защиты от вредных факторов: равномерное искусственное освещение рабочей зоны; системы местного кондиционирования и отопления; экранирующие устройства; противошумные наушники. – Средства коллективной и индивидуальной защиты от опасных факторов: устройства защитного заземления; устройства автоматического отключения; спецодежда; спецобувь; средства защиты рук. – Фактор, по которому будет производиться расчет: защитное заземление для стенда киловольтметра и др. обслуживающего оборудования для предотвращения поражения электрическим током.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	– Воздействие на селитебную зону: повышенный уровень шума, повышенная электрическая напряженность для близлежащей местности. – Воздействие на литосферу: твердые отходы (отходы бумаги, пробитые макетные образцы) негативно воздействуют на почву. – Воздействие на гидросферу: твердые отходы отрицательно воздействуют на биосреду рек, озер, водоемов, морей и океанов. – Воздействие на атмосферу: электромагнитное загрязнение атмосферы путем эксплуатации высоковольтной установки.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: землетрясение, террористический акт. Наиболее типичная ЧС: пожар. – Разработка мер по предупреждению ЧС. – Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
11.02.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	–		27.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM09	Пунченко Дмитрий Олегович		27.03.2022

Реферат

Магистерская диссертация содержит страниц 117, рисунков 21, таблиц 34, источников 25, приложений 1.

Ключевые слова: обмоточные провода с пленочной изоляцией, обмотка погружного электродвигателя, электрическая прочность, полиимидно-фторопластовая пленка, пробивное напряжения, испытания, надежность.

Объектами исследования являются: пленочная изоляция обмоточных проводов марок ППиУ, ППиУТ

Цель работы: исследовать влияние электрических нагрузок на пробивное напряжение обмоточных проводов с пленочной изоляцией

В работе проведено исследование влияния повышенного напряжения на пробивное напряжение изоляции обмоточных проводов с пленочной изоляцией. Отработана методика и даны рекомендации по проведению испытаний.

Оглавление

1. Литературный обзор	14
1.1 Назначение и условия эксплуатации обмоточных проводов с пленочной изоляцией	14
1.2 Номенклатура и свойства обмоточных проводов с пленочной изоляцией.....	16
1.3 Обзор методов испытаний электроизоляционных пленок и обмоточных проводов с пленочной изоляцией.	24
1.5. Выводы по литературному обзору и постановка задач на исследование	35
2. Методическая часть	37
2.1 Методика высоковольтных испытаний кабельных изделий	37
2.2 Методика подготовки образцов.....	39
3. Экспериментальная часть.....	43
3.1 Объект исследования.	43
3.2 Оценка влияния испытательного напряжения на пробивное напряжение обмоточных проводов с пленочной изоляцией.....	45
3.3 Обсуждение результатов	47
4. Финансовый менеджмент.....	53
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	53
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	54
4.1.3 SWOT- анализ.....	56
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	60
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	62
4.1 Инициация проекта	63
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	65
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	65
4.3.2 Контрольные события проекта	66
4.3.3 План проекта.....	66
4.3.4 Определение стоимости материальных затрат	69
4.3.5 Амортизация	70
4.3.6 Полная заработная плата исполнителей	70
4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	72

4.3.8 Накладные расходы.....	72
4.3.9 Определение ресурсоэффективности проекта	73
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	82
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	82
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	83
5.2. Производственная безопасность.....	83
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования и которые могут возникнуть при проведении исследований.....	84
5.2.2 Микроклимат	85
5.2.3 Освещение.....	87
5.2.4 Электробезопасность	88
5.2. Повышенный уровень электромагнитных полей	92
5.3 Экологическая безопасность.....	93
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	94
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	94
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
Заключение.....	99
Литературный обзор	100
Приложение А	102

Введение

В настоящее время нефть является важнейшей статьей российского экспорта. Основным способ добычи нефти—скважинный. Одним из главных погружных электрооборудований является насос, который обеспечивает подачу нефти на поверхность через насосно-компрессорную трубу. Вращение насосов обеспечивает ПЭД, обмотка которого выполняется из проводов с пленочной изоляцией. Данные провода работают в очень тяжелых условиях, поэтому к их надежности предъявляются высокие требования, поскольку при отказе оборудования произойдет остановка добычи, что в свою очередь приведет к большим убыткам.

В технической литературе имеется информация о негативном влиянии испытательного напряжения на изоляцию таких проводов. Отмечено, что это может сказываться на пробивное напряжение в процессе эксплуатации.

При изготовлении проводов этих марок следует оценить свойство изоляции (отсутствие дефектов, высокая электрическая прочность). Провода испытываются напряжением $U_{\text{исп}} = 6U_{\text{ном}}$ кВ . Испытание изоляции провода будет считаться успешным, если не произойдет пробоя, но поскольку провод был нагружен его изоляционные свойства могут быть нарушены и срок его эксплуатации сократится еще до того, как провод будет использован в работе

При выполнении ВКР отработана методика выдержки образцов под повышенным напряжением и проведена оценка изменения пробивного напряжения изоляции после таких воздействий.

1. Литературный обзор

1.1 Назначение и условия эксплуатации обмоточных проводов с пленочной изоляцией

Обмоточные провода с пленочной изоляцией получили широкое применение в нефтедобывающей отрасли. Из таких проводов выполняют обмотку статора для погружных электродвигателей.

Электродвигатели применяются в качестве привода центробежных насосов для откачки пластовой жидкости из нефтяных скважин с углом отклонения от вертикали не более 60° . Электродвигатели являются маслonaполненными, трехфазными двух (четырёх) полюсными асинхронными машинами с короткозамкнутым ротором в нормальном, коррозионностойком и климатическом исполнениях. Такие двигатели предназначены для работы в среде пластовой жидкости (смесь нефти и попутной воды в любых пропорциях).

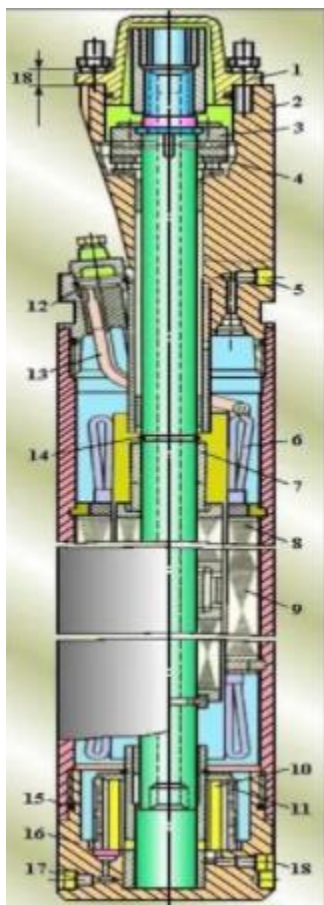


Рисунок 1- Погружной электродвигатель.

1 – крышка, 2 – головка, 3 – пята, 4 – подшипник, 5 – пробка, 6 – обмотка статора, 7 – втулка, 8 – ротор, 9 – статор, 10 – магнит, 11 – фильтр, 12 – колодка, 13 – кабель с наконечником, 14 – кольцо, 15 – кольцо уплотнительное, 16 – корпус, 17,18 - пробка

Погружной электродвигатель комплектуется гидрозащитой (протектор, компенсатор) для предотвращения проникновения пластовой жидкости в двигатель и утечки масла из двигателя. Для эффективного охлаждения двигателя необходимо постоянное наличие потока жидкости в кольцевом пространстве между его корпусом и внутренними стенками эксплуатационной колонны. Внутренняя полость двигателя заполнена маслом. Фильтр для очистки масла расположен в нижней части двигателя.

Фильтр для очистки масла расположен в нижней части двигателя.

Условия работы погружного двигателя в скважине небольшого диаметра (до 425 мм) привели к уменьшению диаметра статора двигателя, его удлинению и необходимости применения статора с полностью закрытыми пазами. Подобная конструкция паза статора двигателя требует изготовления обмотки методом многократной протяжки провода, поэтому изоляция провода должна иметь исключительно высокую механическую прочность.

Одним из первых типов таких обмоточных проводов для таких условий эксплуатации явились провода с комбинированной эмалевой и пленочно-волокнуистой изоляцией, которые ранее применялись для погружных электродвигателей. [1]

Условия эксплуатации обмоточных проводов с пленочной изоляцией

С течением времени поверхностные запасы нефти стали истощаться и теперь ее добыча стала происходить на большей глубине, где имеются суровые условия для оборудования.

Условия эксплуатации изоляции погружного электрооборудования.

1. Воздействие повышенной температуры
2. Высокое давление
3. Агрессивная среда
4. Механическое воздействие
5. Перепады давления и температуры.

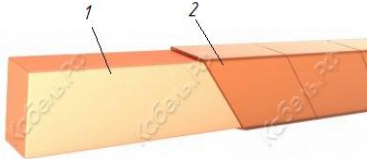
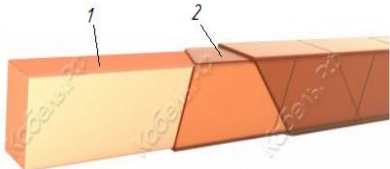
На кабели воздействует давление и температуры окружающей среды, влияние которой определяется ее составом, а также составом растворенных в ней газов. Под действием термобарического фактора происходит набухание изоляции, меняются ее электромеханические характеристики, так же оказываются большие механические нагрузки при подъеме и опускании оборудования. [3]

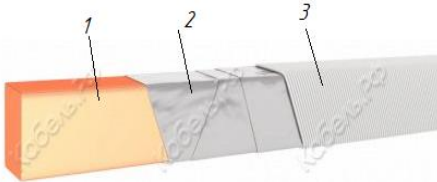
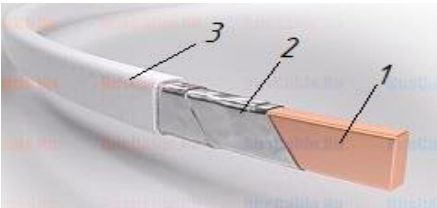
Эти факторы существенно сокращают срок службы изоляции и оборудования в целом. Поэтому к нефтепогружным кабелям и проводам предъявляются самые высокие требования, поскольку при отказе оборудования произойдет остановка добычи, что в свою очередь приведет к большим убыткам.

1.2 Номенклатура и свойства обмоточных проводов с пленочной изоляцией

Обмоточные провода с пленочной изоляцией изготавливают из медных проводов, в том числе эмалированных, путем покрытия их изоляцией из лавсана (пленки или нити), полиэтилена, поливинилхлоридного пластиката, фторопласта и др. Провода отличаются высокой электрической прочностью: в зависимости от типа провода их испытывают пробивным напряжением от 3,5 до 9 кВ. Сведения о некоторых обмоточных проводах с пленочной и изоляцией приведены в таблице

Таблица – 1 Обмоточные провода с пленочной изоляцией

Марка провода	Конструктивные особенности	ТИ, ° С	Пробивное напряжение, В	Конструкция провода
ППИ-У	Провод медный круглый (1) с изоляцией из полиимидно-фторопластовой пленки (2)	200	1200	
ПШИП-1	Проводное изделие обмоточное прямоугольного сечения, с медной проволокой (1) изолированный полиимидно-фторопластовой пленкой (2), не допускающий пропитку лаками и компаундирование, с номинальной толщиной изоляции 0,30 мм.	200	3500	
ПШИПК-Т	Провод обмоточный с медной прямоугольной жилой (1) с изоляцией из односторонней полиимидно-фторопластовой пленки (2), наложенной методом обмотки, подвергнутой термообработке и запеченной по всей длине с номинальной удвоенной толщиной изоляции 0,16 мм	200	2500	

ППИПК-1	Медная проволока (1) Изоляция из двух слоёв полиимидно-фторопластовых плёнок (2) То же с номинальной удвоенной толщиной 0,16 мм	200	3000	
ППИПК-2	То же с номинальной удвоенной толщиной 0,30 мм	200	4000	
ППЛБО	Медная проволока (1), то же с изоляцией из трех слоев лавсановой пленки (2) и одного слоя хлопчатобумажной пряжи (3) с общей удвоенной толщиной 0,48...0,53 мм	105	5300	
ППЛЛО	Медная проволока (1) с лавсановой пленкой (2), то же с наружным слоем из полиэфирной пряжи (3)	155	6000	

Типовая конструкция проводов ППИУ с пленочной изоляции изготавливаются путем обмотки проволоки круглого сечения полиимидной пленкой с термосвариваемым покрытием, используя комбинированный метод термообработки изоляции с индукционным разогревом, что позволяет обеспечить высокую степень адгезии пленки с токопроводящей медной жилой и тем самым значительно повысить технические характеристики. Изоляция проводов отличается эластичностью и стойкостью к механическим воздействиям и повышенным температурам. Провода удовлетворяют высоким требованиям безопасности и надежности.

Для обмоток погружных электродвигателей, насосов и буров, в которых провод подвергается непосредственному воздействию воды используют провод марки ППИП-1.

При изготовлении статорных обмоток электрических машин температурного класса "С": тяговые двигатели большегрузных самосвалов, магистральных электровозов, тепловозов используют провод марки ППИПК-Т. Провод обеспечивает высокую степень надёжности изделий работающих в крайне тяжелых условиях эксплуатации: значительные долговременные перегрузки, вибрация, повышенная влажность и жидкие агрессивные среды. Провод допускает пропитку лаками и компаундирование готовой обмотки. Изоляция проводов эластична и выдерживает изгиб провода по толщине на стержень, диаметром 4В, без растрескивания, отслаивания или раскрытия лент.

Помимо погружных электрических машин провода с полиимидной - фторопластовой изоляцией ППИПК-1 и ППИПК-2 применяются для изготовления статорных обмоток электрических машин температурного класса "С": тяговые двигатели железнодорожного и городского транспорта, электрических машин карьерного оборудования. Благодаря высоким электрическим, механическим характеристикам и химической устойчивости провода обеспечивают высокую степень надёжности изделий, работающих в крайне тяжелых условиях эксплуата-

ции: значительные долговременные перегрузки, вибрация, повышенная влажность и жидкие агрессивные среды. Провода допускают пропитку лаками и компаундирование готовой обмотки.

Для обмоток электрических машин с повышенными требованиями к электрической прочности применяется провод марки ППЛБО. Провод с изоляцией из трех слоев лавсановой пленки и одного слоя хлопчатобумажной пряжи. Токопроводящая жила изготовлена из медной проволоки.

Существуют так же провода с медной прямоугольной жилой ППЛЛО, их изоляция из трех слоев лавсановой пленки и одного слоя хлопчатобумажной пряжи, с наружным слоем из полиэфирной пряжи, с общей номинальной удвоенной толщиной 0,48-0,53 мм. Предназначен для обмоток электрических машин с повышенными требованиями к электрической прочности.

Технология производства проводов с пленочной полиимидно-фторопластовой изоляцией осуществляется в три стадии:

1. Подготовка токопроводящей жилы для наложения изоляции.
2. Наложение изоляции методом обмотки.
3. Термообработка наложенной изоляции с целью спекания.

Подготовка токопроводящей жилы для наложения изоляции.

Подготовка токопроводящей жилы начинается со стабилизации путем ее пребывания в климатических условиях цеха/лаборатории. Стабилизация необходима для удаления влаги с поверхности ТПЖ, так как влага может появиться в процессе изготовления, хранения и транспортировки жилы. Наличие влаги на поверхности ТПЖ приводит к ухудшению адгезии ПМФ- пленки к жиле.

Далее механическая обработка ТПЖ- исправление кривизны жилы и механическая очистка поверхности.

Важное значение имеет предварительный подогрев жилы. Предварительный подогрев может быть произведен двумя способами. При первом способе жила подогревается до температуры выше 70 градусов. Это позволяет удалить

влагу с поверхности жилы и не проводить стабилизацию в климатических условиях цеха. Кроме того, улучшаются адгезионные свойства ТПЖ. Этот способ заключается в предварительном нагреве жилы до температуры 300-350 градусов. При такой температуре на поверхности жилы идет рост оксидных пленок. Это приводит к активации поверхности жилы и положительно влияет на адгезию ПМФ- пленки к жиле. Одновременно происходит удаление с поверхности влаги и разложение любых смазочных и жировых загрязнений (их сгорании), оставшиеся после волочения жилы. [12]

Наложение изоляции методом обмотки

Процесс наложения ПМФ-пленки на жилу включает сход пленки от бобины до жилы и обеспечение оптимального натяжения пленки при обмотке жилы.

В процессе схода пленки ключевыми параметрами являются:

1. Равномерность схода пленки (отсутствие рывков)
2. Плавность изменения направлений движения пленки по тракту (отсутствие деформации, перегибов и скручивания)
3. Равномерность величины натяжения пленки в поперечном направлении относительно направления ее схода во всех точках тракта.

Надо учитывать, что для достижения описанных выше процессов необходима высокая точность поддержания оборотов обмотчика

(подкатушечника и корзины), усилия натяжения пленки и высокая точность синхронизации узлов линии. Точность позволит сохранять стабильный угол наложения пленки на жилу. При расчете технологического режима обмотки необходимо в первую очередь отталкиваться от угла наложения и стремиться выдержать его в допустимых пределах (40-60 градусов).

Стабильный процесс поддержания натяжения ПМФ - пленки позволяет получить одинаковое усилие притяжения слоев изоляции между собой и к жиле по

всей длине провода, что гарантирует герметичность изоляции, и избежать необходимой деформации пленки, что предотвращает снижение пробивного напряжения и механической прочности.

Термообработка наложенной изоляции с целью спекания.

После обмотки жилы ПМФ- пленкой производят термическую обработку изоляции с целью спекания ее слоев в печах различного типа. Этот процесс может быть совмещенным с обмоткой, а может производиться отдельно. Совмещенная технология предпочтительнее, так как это исключает возникновение дефектов, связанных с человеческим фактором и усложнением технологического процесса.

Термообработка может происходить с использованием печей различного типа действия (индукционных, резистивных, инфракрасных, соляных) и производительности. Принципиальным является лишь необходимость достижения определенных параметров термообработки.

Фторопластовый адгезионный слой изготавливается из взвеси тонкодисперсного политетрафторэтилена ПТФЭ или его сополимеров в растворителях различных типов, к которым иногда добавляют поверхностно- активные добавки. Суспензию наносят на полиимидную пленку различными способами (окутанием, пульверизацией, поливом) и высушивают при температурах до 100 градусов Цельсия. Пленка с высушенной суспензией подвергается термообработке в печах при температуре до 360 градусов. При термообработке происходит подплавление фторопластовых частиц и их закрепление на поверхности полиимида.

[10]

При термообработке провода необходимо достигнуть температуры, при которой происходит повторное подплавление фторопластового слоя для закрепления его между слоями пленки или с жилой. Температура подплавления различных модификаций фторопластового слоя может варьироваться от 260 до 330 градусов. Задача технолога- добиться оптимальной температуры подплавления во время термообработки жилы.

Во время термообработки изоляции провода достигается температура до 330 градусов между жилой и ПМФ- пленкой и в слоях ПМФ- пленк, что приводит к спеканию изоляции. Общеизвестно, что ПТФЭ и, соответственно, пленки на его основе или его сополимеров, имеют очень слабые силы адгезионного взаимодействия как химического, так и физического. Поэтому необходима активация материала фторопластового покрытия.

Существует два метода активации: химический и электрический. Химический метод активации имеет преимущество при обработке сложных деталей. Однако его использование связано с применением токсичных материалов и химически агрессивных веществ. При химическом способе активации предпочтителен метод обработки растворами натрия в аммиаке или тетрагидрофуране или дисперсией натрия в органическом растворителе. Химический метод обеспечивает наиболее высокую адгезию к фторопласту и широко используется в технике. Электрический метод активации наиболее безопасен, но требует дорогостоящего оборудования и может проводиться только до определенных толщин изделия, при которых возможно возникновение разрядов между электродами.

Тем не менее, производители ПМФ- пленок в основном используют электрический метод активации, который в достаточной степени улучшает адгезионные свойства. Активация фторопластового покрытия происходит в тлеющем разряде (в условиях атмосферной плазмы). В результате бомбардировки электронами поверхности происходит деструкция макромолекул с образованием свободных алкильных радикалов, которые в дальнейшем переходят в присутствии воздуха в устойчивые перекисные, придающие поверхности достаточную адгезионную активность к используемым материалам. В отличие от химической обработки при действии тлеющего разряда практически не образуется двойных сопряженных связей, и полимер приобретает коричневую окраску. [11]

1.3 Обзор методов испытаний электроизоляционных пленок и обмоточных проводов с пленочной изоляцией.

Для испытаний электроизоляционных пленок применяют стандартные методы испытаний пленочных материалов, в которых регламентированы форма, размеры и число образцов, условия и порядок испытания.

В источнике [8] выделены следующие методы испытаний изоляционных пленок.

- Одноосное, двухосное напряжение
- Сопротивление раздиру
- Стойкость к многократным деформациям
- Химическая стойкость
- Горючесть
- Теплостойкость и морозостойкость
- Диэлектрические свойства

Одноосное растяжение – образец пленки заданных размеров закрепляют в зажимах, один из которых связан с регистрирующим прибором, и растягивают в одном направлении до разрушения. При этом регистрирующее устройство фиксирует прилагаемую нагрузку. Удлинение образца измеряется по смещению подвижного зажима. Одновременная регистрация нагрузки и удлинения дает кривую растяжения. Тангенс угла наклона этой кривой в начальном прямолинейном участке представляет собой модуль эластичности пленки для данных условий испытаний.

Удлинение в момент разрыва рассчитывается по следующей формуле:

$$\varepsilon_p = \frac{L_p - L_o}{L_o} \cdot 100$$

L_o – начальная длина рабочего участка образца

L_p - длина рабочего участка в момент разрыва

Двухосное растяжение – для этой цели используют специальные приборы, действие которых основано на передаче давления жидкости или газа через резиновую мембрану на образец, прочно закрепленный по периметру с помощью зажимного колпака. Деформация пленки измеряется с помощью стрелочного индикатора.

Разрушающее напряжение рассчитывается по формуле:

$$\sigma_p = \frac{P(r^2 + h^2)}{4h\delta}$$

P - давление, вызвавшее разрушение пленки

δ – толщина пленки

h - высота выпуклости растянутой пленки

r – радиус исходного образца

Сопротивление раздиру – это испытание проводят на обычных разрывных машинах, применяя образцы пленки особой формы при скорости растяжения 50 мм/мин или растягивая со скоростью 250 мм/мин предварительно надрезанную полоску пленки установленных размеров. Особенностью этих испытаний является, то что участок максимальной концентрации напряжения задается выбором формы образца или нанесение надреза.

Стойкость к многократным деформациям – используют прибор Фальцера, принцип действия которого основан на том, что образец пленки стандартных размеров многократно подвергается двойному изгибу с постоянными частотой и амплитудой деформации.

Химическая стойкость – определяется сохранением тех или иных свойств после воздействия жидких или газообразных химических веществ. Простейшим методом оценки химической стойкости пленок по отношению к той или иной

среде является определение изменения внешнего вида и массы стандартных образцов после пребывания их в данной среде в строго регламентированных условиях.

Горючесть – определяется одним из стандартных методов : огневой трубы, распространения пламени, калориметрическим методом. За границей большую популярность получил метод определения горючести по кислородному индексу. А именно: способом установления наименьшей концентрации озона в химическом соединении кислорода и оксид азота в условиях постепенного повышения концентрации кислорода до воспламенения образца. Достоинством метода является хорошая производимость результатов.

Морозостойкость – данные показатели определяют по граничным условиям эксплуатации полимерных пленок. Мерой морозостойкости служит температура хрупкости пленок, которую определяют, подвергая образец деформации изгиба после выдержки при пониженных температурах, например сдавливают образец в виде полоски, сложенной петлей и зажатой в зажиме. Появление трещин после деформации считается разрушением образца, а температура, при которой появились трещины в пяти образцах – температура хрупкости.

Диэлектрические свойства. Полимерные пленки являются хорошими диэлектриками. Их поведение в электрическом поле определяется такими характеристиками, как диэлектрическая проницаемость ϵ , тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$, удельное объемное и поверхностное электрическое сопротивление, электрическая прочность в широком интервале температур и частот.[8]

Помимо испытаний самих пленок, которые будут применяться в изготовлении изоляции провода, испытаниям подлежит и готовая кабельная продукция.

Испытание на дугостойкость.

Дугостойкость диэлектрика представляет способность выдерживать влияние электрической дуги без недопустимого смещения в худшую сторону его качеств. Различают стойкость электроизоляционных материалов к воздействию

электрической дуги при значительном (выше 1000 В) переменном напряжении и небольших токах и при воздействии дуги, формируемой постоянным напряжением вплоть до 1000 В. Электроды, с приложенным переменным напряжением располагаются близко к поверхности образца. Образующаяся электрическая дуга воздействует на испытуемый материал и вызывает появление токопроводящей перемычки среди электродов (рисунок 2).

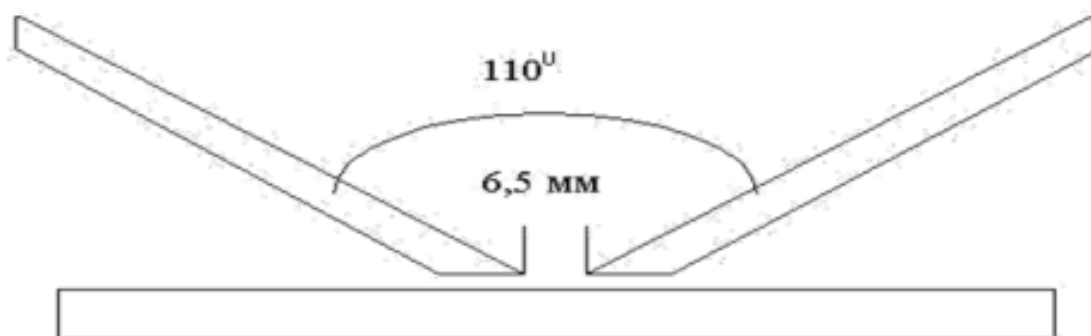


Рисунок 2 - Определение стойкости к воздействию электрической дуги напряжения переменного тока.

Из-за шунтирования воздушного промежутка перемычкой дуга погасает. Подобным способом, момент появления перемычки фиксируется по погасанию дуги. Параметрами дугостойкости считается в данном случае ток I_d и время t_d , нужное для образования перемычки. Толщина образцов не меньше 3 миллиметров. Напряжение в электродах 12,5 кВ при токе от 10 вплоть до 100 миллиампер.

Настоящий стандарт ГОСТ IEC 60851-3-2011 – «Провода обмоточные. Методы испытаний» устанавливает требования к методам испытаний обмоточных проводов по определению их механических свойств. Стандарт включает в себя испытание на удлинение и упругость.

Относительное удлинение (увеличение длины, выраженное в процентах от первоначальной длины) определяется на образцах провода в виде прямого отрезка растягивают до разрыва жилы со скоростью (5 ± 1) мм/с на установке для измерения удлинения или испытания на разрыв при испытуемой длине образца

200-250 мм. Линейное увеличение длины образца при разрыве выражают в процентах от первоначальной испытуемой длины. Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют полученные значения. Среднее значение результатов трех измерений принимают за относительное удлинение при разрыве.

Прочность при растяжении (отношение усилия при разрыве провода к его первоначальному сечению) при растягивании провода до разрыва жилы со скоростью (5 ± 1) мм/с на установке для испытания на разрыв, фиксирующей усилие при разрыве. Испытуемая длина образца должна быть 200-250 мм. Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют первоначальное сечение и три значения усилия при разрыве. Среднее значение отношения усилия при разрыве провода к его первоначальному сечению принимают за прочность при растяжении.

Упругость (угол отдачи, измеренный в градусах после намотки провода в виде спирали или после его изгиба на определенный угол) определяется на образцах провода в виде прямого отрезка. Далее его наматывают пятью витками вокруг оправки, диаметр которой и натяжение, прикладываемое к проводу при намотке, указаны в нормативных документах на конкретные провода. Показателем упругости является угол раскручивания конца пятого витка образца провода. Испытательное устройство для определения упругости показано на рисунке 3.

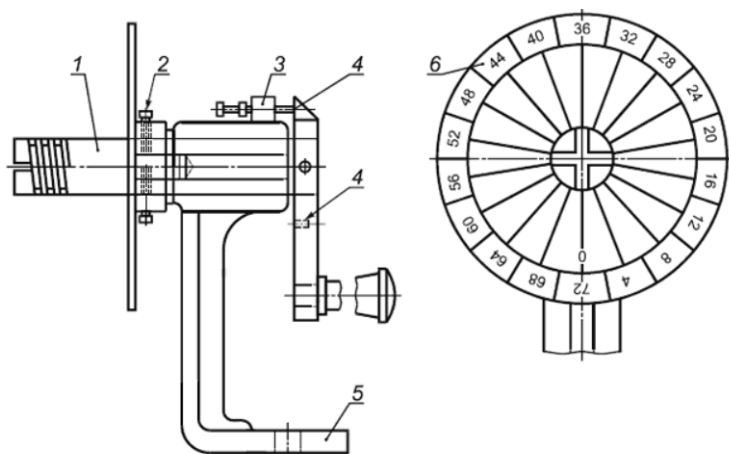


Рисунок 3 - Испытательное устройство для определения упругости:

- 1 - оправка;
- 2 - винт для фиксации оправки;
- 3, 4 - фиксаторы;
- 5 - опорная пластина;
- 6 - шкала

Оправку устанавливают в горизонтальном положении и закрепляют так, чтобы паз или отверстие для закрепления провода соответствовали нулевой отметке на шкале. Оправка должна быть присыпана тальком для предотвращения прилипания к ней провода.

Заданное натяжение прямого отрезка провода длиной 1 м создают грузом, прикрепленным к одному концу провода. Рукоятку освобождают для вращения оправки. Другой конец провода помещают в паз или отверстие так, чтобы отрезок провода достаточной длины выступал с другой стороны оправки, а провод плотно прилегал к ней. Груз медленно опускают, чтобы провод ниже оправки расположился вертикально; нуль шкалы и паз или отверстие должны быть внизу.

Свободный конец провода надежно закрепляют, оправку вращают против часовой стрелки (если смотреть со стороны шкалы) до тех пор, пока на нее не будут намотаны пять полных витков провода. Оправку продолжают вращать дальше до тех пор, пока нуль на шкале не окажется в верхнем положении. Затем рукоятку фиксируют в этом положении. Провод на оправке закрепляют, нагрузку снимают и провод обрезают примерно на 25 мм ниже конца пятого витка. Конец провода загибают в вертикальном положении и совмещают с нулем на шкале, чтобы он выполнял роль указателя.

Слева от конца провода помещают карандаш или соответствующий инструмент, чтобы предотвратить преждевременное раскручивание. Затем дают возможность проводу медленно размотаться без рывков.

Затем оправку и шкалу снимают с фиксатора и вращают по часовой стрелке, чтобы привести указатель в вертикальное положение. Показание на шкале, отмеченное указателем, является значением угла отдачи провода. В случае особо упругих проводов указатель может повернуться более чем на один полный оборот. Тогда к показанию на шкале необходимо прибавить число 72 на каждый полный оборот раскручивания.

Образец провода в виде прямого отрезка изгибают под углом 30° . Показателем упругости является значение угла отдачи после снятия нагрузки.

Испытательное устройство (см. рисунок 3) имеет два зажима: подвижный 1 и неподвижный 2, а также градуированный сегмент 5 с делениями через $0,5^\circ$ в пределах 0° - 30° . Градуированный сегмент представляет собой дугу, расположенную в перпендикулярной плоскости по отношению к зажимающим поверхностям. Его центр расположен на внешнем краю неподвижного зажима 2. Рычаг, точка опоры которого находится в центре дуги, может двигаться в вертикальной плоскости вдоль градуированного сегмента (рисунок 4).

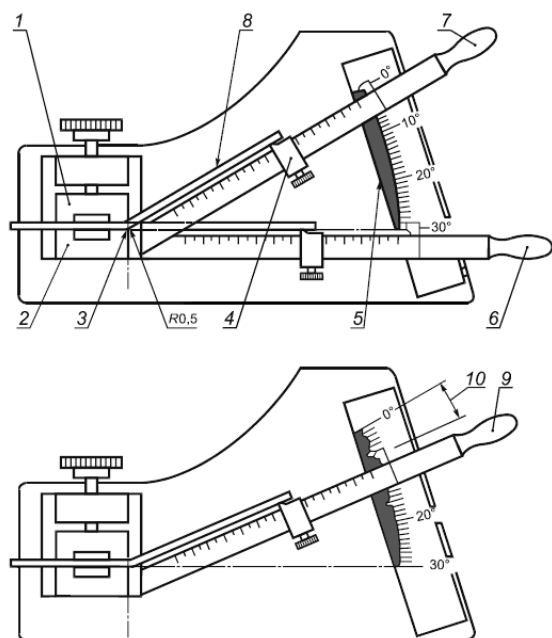


Рисунок 4 - Испытательное устройство для определения упругости

1 - подвижный зажим; 2 - неподвижный зажим; 3 - центр градуированного сегмента; 4 - ползунок; 5 - градуированный сегмент; 6 - позиция 1 рычага; 7 - позиция 2 рычага; 8 - образец провода; 9 - позиция 3 рычага; 10 - угол отдачи

Рычаг должен иметь указатель или стрелку для определения угла отдачи. На рычаге с миллиметровой шкалой длиной около 350 мм, начало которой совпадает с точкой опоры, расположен ползунок 4 с заостренным концом.

Образец провода длиной не менее 1200 мм сматывают с катушки с возможно меньшими деформациями. Затем его вручную выпрямляют и разрезают на три

отрезка длиной 400 мм каждый. При выпрямлении не допускается удлинение образца с помощью каких-либо приспособлений. Следует избегать излишнего изгиба провода, чтобы свести к минимуму механическое упрочнение.

Диаметр или толщина жилы провода, умноженные на 40, определяют положение ползунка на рычаге. Образец закрепляют между зажимами во избежание его выскальзывания. Образец устанавливают в таком положении, чтобы его изгиб происходил в том же направлении, в котором провод был намотан на катушку. Длина свободного конца образца должна выступать за заостренный край ползунка на (12 ± 2) мм.

С помощью рычага, начиная с исходной позиции 1 (отметка на шкале 30°), провод изгибают на 30° до позиции 2 (отметки на шкале 0°) в течение 2-5 с. Образец выдерживают в позиции 2 не более 2 с, а затем возвращают в обратном направлении с той же угловой скоростью, с которой он был изогнут, пока заостренный конец ползунка 4 не отойдет от образца провода. Рычаг снова поднимают до тех пор, пока конец ползунка не коснется образца провода, не изгибая его.

В этом положении указатель на рычаге будет показывать значение угла отдачи на шкале сегмента 5 (позиция 3 рычага).

Испытание проводят на трех образцах. Фиксируют полученные значения. Среднее значение результатов трех измерений принимают за угол отдачи.

Определение частичных разрядов в изоляции кабельных изделий

При работе ПЭД появляются электрические нагрузки, которые негативно влияют на изоляцию во время эксплуатации. Электроизоляция провода должна обладать нужной стойкостью к частичным разрядам, к дугостойкости, к коронным разрядам, а кроме того к воздействию электротеплового старения. При высокой напряженности электрического поля в отдельных составляющих изоляции имеют все шансы происходить разряды (пробой), которые никак не приводят к полному пробое электроизоляционной конструкции. Подобные разряды приобрели название частичных разрядов (рисунок 5).

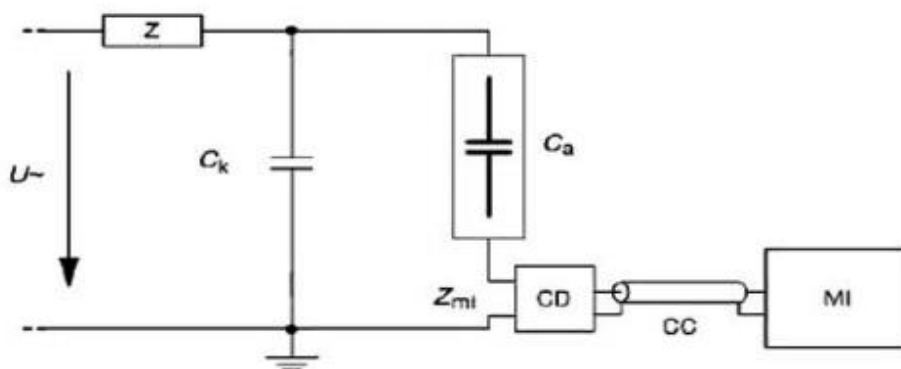


Рисунок 5 – Испытательная схема для измерения частичных разрядов.

Компоненты: $U\sim$ - источник высокого напряжения; Z_{mi} - входной импеданс измерительной системы; CC - соединительный кабель; OL - оптический канал; Ca – испытуемый объект; CD - измерительный элемент; MI - измерительный прибор; Z – фильтр

Значение чувствительности для установки составляет минимум 2 пКл. Подключение и разделывание проводов проделяваются, таким образом, чтобы исключить разряды на концах образцов. Напряжение начала частичного разряда в изоляции обуславливалось с помощью киловольтметра при плавном увеличении напряжения и фиксации появления частичного разряда с помощью осциллографа, интенсивность разрядов не должна превышать 2 пКл. Период приложения напряжения к изоляции кабеля составляет 1 минуту. [7]

1.4. Испытание пленочной изоляции высоким напряжением

Существует большое количество методов испытаний, позволяющих оценить свойства изоляции, но критерии оценки испытаний не всегда обоснованы.

С подобным случаем столкнулись при производстве обмоточных проводов марки ППИ-У с пленочной полиимидно-фторопластовой изоляцией для нефтепогружных электродвигателей. Был зафиксирован случай брака при прохождении приемо-сдаточных испытаний в соответствии с техническими условиями (ТУ 16-705.159-80) Провод при входном контроле у потребителя не прошел испытание на аппарате ЗАСИ напряжением 10 кВ на проход, при этом эти же испытания на стороне производителя провод выдержал.



Рисунок 6 – аппарат ЗАСИ

В ходе выяснения причин возникновения брака было установлено, что многостадийный контроль на производстве отрицательно влияет на изоляцию провода. [9]

Фактор опасности напряжения обуславливается тем, что, подвергаясь испытаниям напряжением на проход, каждая точка изоляции подвергается испытательному напряжению в течение определенного времени. Поскольку данные испытания обычно происходят параллельно с изготовлением провода, скорость производства от 3 до 6 м/мин, а участок приложения испытательного напряжения

достигает 10 и более сантиметров, время приложения напряжения к точке провода достигает 5 с. Соответственно суммарное время влияния напряжения на каждую точку изоляции провода удваивается или утраивается. Все значения напряжения, не имеющие многократного запаса по времени выдержки до пробоя, в зависимости от времени приложения испытательного напряжения, разрушительно влияют на изоляцию. Эту зависимость можно увидеть на рисунке 7 и 8

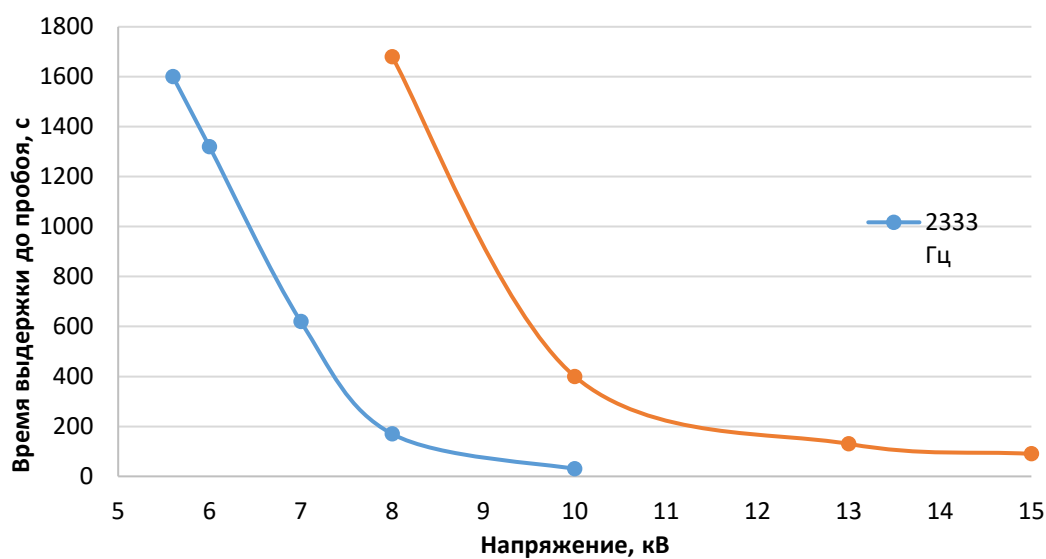


Рисунок 7 - Зависимость времени выдержки до пробоя проводов марки ППИ-У от напряжения.

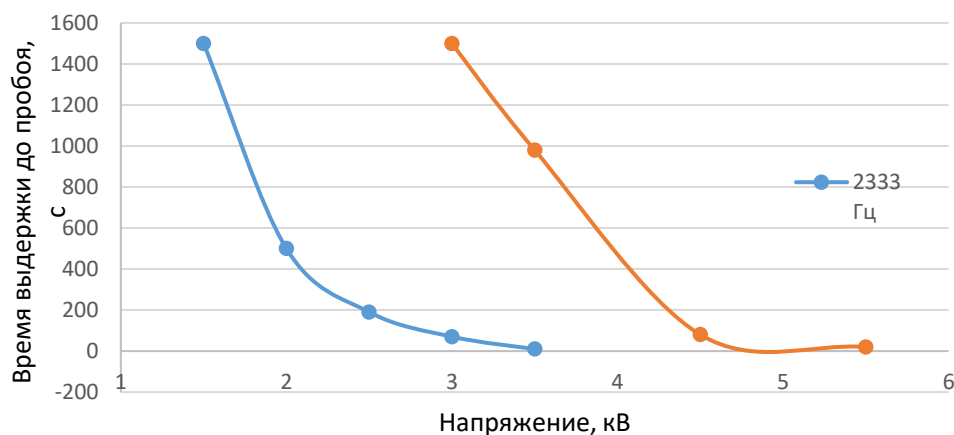


Рисунок 8 - Зависимость времени выдержки до пробоя пленки марки ПМФ-2-ДТП 50/25 от напряжения

На рисунке 7 представлен график, на котором показаны зависимости времени выдержки до возникновения пробоя для пленки ПМФ-2-ДТП 50/25 на высоковольтной установке при частоте 50 Гц и аппарате ЗАСИ (2333 Гц).

Как видно на рисунке 8, при одинаковом напряжении наблюдается значительное изменение времени выдержки до пробоя пленки при разных частотах испытательного напряжения.

Аналогичные по формату зависимости для провода марки ППИ-У приведены на рисунке 6. Как видно из обоих рисунков, образцы как пленки, так и провода при одинаковом значении испытательного напряжения быстрее выходят из строя.

Уменьшается время выдержки до пробоя при частоте испытательного напряжения 2333 Гц. На графике имеется условная область «перегиба», которая находится возле малых значений времени выдержки до пробоя образцов. Все значения напряжения, что находятся правее этой области, опасны для изоляции провода, так как в условиях изоляция провода «живет» секунды, а все значения левее условно безопасны, поскольку «время жизни» провода там значительно выше.

1.5. Выводы по литературному обзору и постановка задач на исследование

- Надежность ПЭД, обеспечивающих функционирование УЭЦН главным образом определяется надежностью межвитковой изоляции.
- В настоящее время изоляция обмоточных проводов ПЭД выполняется из полиимидно-фторопластовых пленок, способных выдерживать тяжелые условия эксплуатации.
- Существует ряд методов, позволяющих обеспечить контроль качества и надежное функционирование кабельной продукции, в том числе и пленоч-

ной изоляции. Так же в литературном обзоре отмечается, что действие испытательного напряжения негативно сказывается на время до пробоя изоляции.

- В технической литературе существуют мало информации об испытаниях электроизоляционных проводов с пленочной изоляцией. Таким образом изучение вопроса влияния испытательного напряжения на электроизоляционные свойства обмоточных проводов с пленочной изоляцией является актуальной задачей.

Цель: исследовать влияние электрических нагрузок на пробивное напряжение обмоточных проводов с пленочной изоляцией

Задачи:

1. Отработать методику по оценке влияния испытательного напряжения;
2. Исследовать влияние испытательного напряжения на пробивное напряжение изоляции макетных образцов;
3. Разработать рекомендации по испытаниям обмоточных проводов с пленочной изоляцией.

4. Финансовый менеджмент

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

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT-анализа;
- планирование технико-конструкторских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта

а. . Преддипломный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками. Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей. Например, сегментировать рынок по изготовлению пленочного состава для обмоточных проводов можно по следующим критериям: корonoустойчивость к пробоем, выполняемые функции (таблица 8).

Таблица 8 - карта сегментирования рынка по разработке пленочного состава

Устойчивость к пробую		Функции		
		ППИУ-200	ППИУТ-200	ППИУКТ- 200
	Крупная			
	Средняя			
	Мелкие			



Испытательные лаборатории, исследовательские институты, заводы



Производства по изготовлению пленочного состава для кабеля

В приведенном примере карты сегментирования показано, какие ниши на рынке услуг по разработке пленочного состава не заняты 58 конкурентами. Следовательно, выбираем пленочные составы для обмоток электродвигателя следующих типов: ППИУТ-200, ППИУКТ-200.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет провести оценку эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проведен с помощью оценочной карты. Для сравнения выбраны следующие виды пленочной изоляции для электрических обмоток асинхронного электродвигателя: пленка ППИУ-200 (в таблице 4.2.1 Бэ, Кэ), пленка ППИУКТ-200, пленка ППИУТ-200 (в таблице 9 Бппу, Кппу)

Таблица 9 - оценочная карта сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бэ	Бпг	Бпш	Кэ	Кпг	Кпш
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Затраты времени на изготовление провода	3/0,058	4	5	2	0,232	0,29	0,116
Удобство монтажа	5/0,096	5	5	3	0,48	0,48	0,288
Пробивная способность	4/0,77	4	5	3	0,308	0,385	0,231
Безопасность при пробое	3/0,058	5	5	4	0,29	0,29	0,232
Универсальность для двигателей	4/0,077	5	5	4	0,385	0,385	0,308
Надежность изоляции	5/0,096	5	5	3	0,48	0,48	0,288
Энергоэффективность	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384
Экономические критерии оценки эффективности							
Затраты электроэнергии	4/0,077	4	5	2	0,308	0,385	0,154
Уровень проникновения на рынок	2/0,038	3	4	3	0,414	0,308	0,114
Стоимость проведения испытаний	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384
Цена оборудования	5/0,096	5	5	4	0,48	0,48	0,384
Финансирование научной разработки	3/0,058	2	5	1	0,116	0,29	0,058
Наличие сертификации разработки	4/0,077	5	5	5	0,385	0,385	0,385
Итого	52/1				3,636	4,891	3,326

По результатам оценочной карты сравнения конкурентных технических разработок, пленочная изоляция ППИУ-200 является конкурентоспособней, чем пленочная изоляция ППИУКТ-200, но уступает пленочной изоляции ППИУТ-200 из-за недостатка источников финансирования.

4.1.3 SWOT- анализ

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, используемый для оценки факторов и явлений, влияющих на проект или предприятие. Все факторы делятся на четыре категории: strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности) и threats (угрозы). Сильные (S) и слабые (W) стороны являются факторами внутренней среды объекта анализа, (то есть тем, на что сам объект способен повлиять); возможности (O) и угрозы (T) являются факторами внешней среды (то есть тем, что может повлиять на объект извне и при этом не контролируется объектом).

Таблица 10 - матрица SWOT

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта: С1. Уменьшение брака кабельной продукции С2. Увеличения срока службы С3. Надежность провода С4. Квалифицированный персонал С5. Тесное сотрудничество с производителем продукции	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие квалифицированных кадров по работе с испытательной разработкой. Сл2. Необходимость разработки испытательного оборудования Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки Сл4. Большой срок поставки оборудования и образцов Сл5. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами
--	---	---

Возможности: В1. Привлечение квалифицированных специалистов в ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на разработку В3. Отрегулирование сроков поставки оборудования и испытательных экземпляров		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на разработанную методику У2. Введение дополнительных государственных требований к методам испытаний У3. Развитие конкурентных методик		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 11 - интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	S-O					
1 квадрант		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	0	+	-
	B2	-	+	+	0	-
	B3	+	+	-	0	+
W-O						
2 квадрант		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	+	-	+	0
	B2	-	+	0	+	+
	B3	0	+	+	-	0
S-T						
3 квадрант		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	0	-	+
	У2	-	+	+	+	0
	У3	0	-	-	+	+
W-T						
4 квадрант		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	0	+	-	-
	У2	-	+	+	+	0
	К3	+	-	0	+	+

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в магистерской диссертации

Таблица 12 - SWOT- анализ

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта (S) С1. Уменьшение брака кабельной продукции С2. Увеличения срока службы С3. Надежность методики испытания провода С4. Квалифицированный персонал ТПУ С5. Тесное сотрудничество с производителем продукции	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: (W) Сл1. Отсутствие квалифицированных кадров по работе с испытательной разработкой. Сл2. Необходимость разработки испытательного оборудования Сл3. Отсутствие прототипа научной разработки Сл4. Большой срок поставки оборудования и образцов Сл5. Информационные материалы могут быть использованы конкурентами
Возможности: (O) В1. Привлечение квалифицированных специалистов в ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на разработку В3. Отрегулирование сроков поставки оборудования и испытательных образцов	Мероприятия (S-O) Высокий профессионализм научного персонала, Высокий спрос на методику проведения испытаний. Увеличение надежности и качества испытательного оборудования	Мероприятия (W-O) Низкая информированность – активная реклама. Устранение перебоев в поставках – тесные связи с производителем. Дополнительные издержки – выход на новые рынки.
Угрозы: (T) У1. Отсутствие спроса на разработанную методику У2. Введение дополнительных государственных требований к методам испытаний У3. Развитие конкурентных методик	Мероприятия (S-T) Появление конкурентов и отсутствие спроса – гибкая ценовая политика, репутация, надежность. Помощь ТПУ при корректировке разработанной методики испытаний обмоточного провода с учетом доп. гос. требований.	Мероприятия (W-T) Появление конкурентов-увеличение стоимости проведения испытания. Введение дополнительных требований к методам испытаний – необходимость разработки и усовершенствования испытательного оборудования, Отсутствие спроса- ненадежные поставки оборудования.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценим готовность проекта к коммерциализации, заполнив таблицу 13.

Таблица 13 - оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический раздел	5	5
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	5
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	3
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1

Продолжение таблицы 13

Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	5
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	5
Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
Итого баллов	45	47

По суммарным значениям баллов, итоговое значение составило 47. Можно сказать, что проект обладает перспективностью выше среднего. Значение позволяет говорить о готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Тем не менее, произведенная оценка готовности научной разработки требует дальнейшего совершенствования проекта и более глубоких исследований в области маркетинга.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение финансирования для продолжения своих научных исследований и разработок (получение оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания. Для данной разработки наиболее подходит *инжиниринг*, т.е. комплекс инженерно-консультационных услуг коммерческого характера по подготовке и обеспечению непосредственно процесса производства, обслуживанию сооружений, эксплуатации хозяйственных объектов и реализации продукции. Возможна следующая схема коммерциализации: между НИ ТПУ и предприятием-заказчиком инжиниринговых услуг заключается хозяйственный договор. Исполнитель предоставляет необходимые материалы, купленные на средства предприятия-заказчика с использованием производственной базы НИ ТПУ, и услуги диагностики для предприятия-заказчика

4.1 Инициация проекта

В рамках инициации определяются цели и содержание проекта, определяется объем финансирования. Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 14.

Таблица 14 - заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Исполнитель проекта	Разработка уникальной методики проведения испытаний
Руководитель проекта	Выпуск научной работы, получение гранта
НИ ТПУ	Привлечение средств хозяйственных договоров, рост средней оплаты труда, рост рейтинга НИ ТПУ
Предприятия	Рост эффективности производства, качественное техническое обслуживание оборудования

Определим цели и результаты проекта, сведя их в таблицу 15

Таблица 15 – цели и результат проекта

Цели проекта:	Проанализировать влияние электрической нагрузки на пробивное напряжение провода с пленочной изоляцией
Ожидаемые результаты проекта:	Разработать методику проведения испытаний проводов с пленочной изоляцией
Критерии приемки результата проекта:	Возможность обнаружения электрических и механических дефектов в обмотках при помощи модулированного напряжения. Определение вида дефекта. Высокая чувствительность. Упрощение процесса диагностики.
Требования к результату проекта:	Повышение эффективности методики при частоте $f = 50$ Гц.
	Проведение высоковольтного испытания провода при напряжении $6U_{ном}$.

Таблица 16 - рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
1. Леонов Андрей Петрович, НИ ТПУ Доцент, к.т.н	Руководитель проекта	1. Анализ имеющихся технических решений и результатов 2. Проведение эксперимента	320
2. Пунченко Дмитрий Олегович, НИ ТПУ, студент группы 5АМ09	Исполнитель проекта	1. Подготовка и проведение эксперимента 2. Анализ результатов экспериментов. 3. Анализ имеющихся технических решений и результатов	980
Итого:			1300

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 17 - ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	600 000 рублей
3.1.1. Источник финансирования	Заводы изготовители
3.2. Сроки проекта:	150 дней
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	10.01.22
3.2.2. Дата завершения проекта	15.06.22
3.3. Прочие ограничения и допущения*	Испытания проводить в условиях работы термошкафа не более 200 градусов из-за риска возникновения озона

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рис. 17 представлен шаблон иерархической структуры работ.

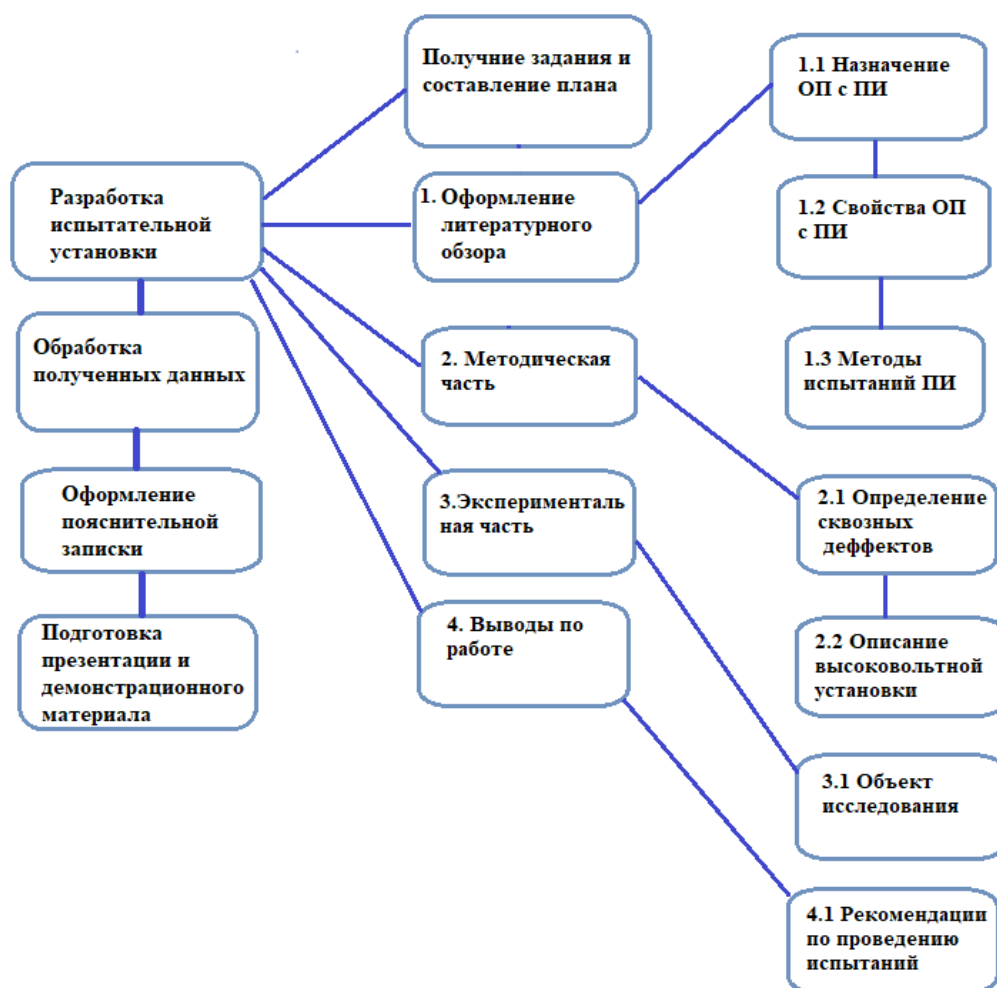


Рисунок 17 – Иерархическая структура работ по проекту

4.3.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела необходимо определить ключевые события проекта, определить их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на эти даты.

Таблица 18 - контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Составление ТЗ и его утверждение, разработка плана-графика	10.01.21	Составление плана работ
2	Начало изучения литературы	15.01.21	Составление схемы экспериментальной установки
3	Подбор необходимых материалов	11.02.21	Сборка экспериментальной установки
4	Снятие первых характеристик	01.03.21	Проверка работоспособности установки
5	Испытание образцов повышенным напряжением	09.03.21	Проверка эффективности образцов при повышенных нагрузках
6	Вывод о проведенных экспериментах	25.03.21	Написание основной части
7	Разработка направлений коммерциализации проекта	22.04.21	Заключение договора с предприятием-заказчиком и получение прибыли

4.3.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 19.

Таблица 19 – календарный план проекта

Код ра- боты	Название	Длительность, дни		Дата начала работ	Дата оконча- ния работ	Состав участников
		Кален- дарных	Рабочих			
1	Поиск заказчика, за- ключение контракта	8 дней	5 дней	10.01.21	17.01.21	Руководитель
2	Сбор информации и формирование кон- цепции проекта	25 дня	19 дней	18.01.21	11.02.21	Инженер
3	Разработка и утвер- ждение плана работ заказчика	8 дней	6 дней	12.02.21	19.02.21	Руководитель
4	Доставка и приемка образцов заказчиком	21 день	13 дней	20.02.21	12.03.21	Инженер
5	Входной контроль и испытания опытных образцов	15 дней	10 дней	13.03.21	27.03.21	Инженер
6	Анализ результатов испытаний	21 день	15 дней	28.03.21	17.04.22	Инженер
7	Сравнение с анало- гами, выяв-ление преимущества	14 дней	10 дней	18.04.21	01.05.22	Инженер
8	Подготовка и сдача отчета по проекту	8 дней	4 дня	02.05.21	09.05.22	Руководитель
9	Подготовка и сдача отчета по проекту	16 дней	11 дней	10.05.21	25.05.22	Инженер
И Т О Г О:		Инженер		112 (из них 78 рабочих)		
		Руководитель		21(из них 15 рабочих)		

Диаграмма Ганта - тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 20 - календарный план-график проведения НИОКР по теме

Код ра- боты	Вид работ	Исполни- тели	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ														
				Янв.		Февр.			Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Поиск заказ- чика, заключе- ние контракта	Руководи- тель	8															
2	Сбор инфор- мации и фор- мирование концепции проекта	Инженер	25															
3	Разработка и утверждение плана работ заказчиком	Руководи- тель	8															
4	Выбор направ- ления исследо- вания	Инженер	21															
5	Входной кон- троль и испы- тания опыт- ных образцов	Инженер	15															
6	Анализ ре- зультатов ис- пытаний	Инженер	21															
7	Сравнение с аналогами, вы- явление пре- имущества	Инженер, руководи- тель	14															
8	Разработка ре- кламных мате- риалов	Руководи- тель	8															
9	Подготовка и сдача отчета по проекту	Руководи- тель	16															



Инженер



Руководитель

4.3.4 Определение стоимости материальных затрат

Расчет стоимости материальных затрат включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы, сводятся в табл. 21.

Таблица 21 – затраты на комплектующие работы

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Выключатель автоматический однополюсный IEK C BA47-29 16 А	2	112	224
2.	Осциллограф Tektronix TDS 1012B	1	51780	51780
3	Щуп осциллографа	1	699	699
	Термошкаф	1	32290	32290
	Мультиметр MASTECH MAS830	1	850	850
Итого				85843

Рассчитаем расходы, связанные с заготовкой и доставкой материальных ценностей:

$$З_M = M \cdot \gamma = 85843 \cdot 1,15 = 98719,4 \text{ руб.}$$

где M – материальные затраты;

γ коэффициент ТЗР, равный 15%.

Таблица 22 – сырье, материалы

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
АД со стандартным обмоточным проводом	ППИУТ-200	10	7985,2	79852
АД с коронстойким обмоточным проводом	ППИУТ-200	10	8020,9	80209
ОП стандартная оплетка	ППИУ-200	10	828,26	8282,6
Пленочный состав обмоток двигателя	5x10	30	59,1	1772,5
Трубки электроизоляционные	50x100	5	240	1200
Всего за материалы				171316,1
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				8565,8
Итого				179881,9

4.3.5 Амортизация

Рассчитаем амортизацию отчислений. Амортизация рассчитывается для оборудования стоимостью свыше 100 тыс. руб.

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. При проектировании используем стенд, стоимость которого составляет 179881,9 тыс. руб.

4.3.6 Полная заработная плата исполнителей

Включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12–15 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot F_{дн},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$F_{дн}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{окл} + З_{р.к.}}{F_{дн}},$$

где $F_{дн}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе, 22 при 5 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

$З_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{р.к.}$ – районная доплата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в табл. 23.

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в табл. 24.

Таблица 23 – расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во, раб. дн.	Основная заработная плата руб.
Руководитель	48107	1,3	62539	2842,68	15	42640,2
Инженер	21611	1,3	28094	1277	78	99606
ИТОГО:						142246,2

Таблица 24 – расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Козф. доплаты	Основная заработная плата руб.	Дополнительная заработная плата руб.	Полной заработной платы, руб.
Инженер	0,15	99606	14940,9	114546,9
Работник	0,15	42640,2	6396,03	49036,23
ИТОГО:			21336,93	163583,13

Таблица 25 – группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1.	179881,9	98719,4	142246,2	21336,93	49402,1	78653,8	570240,33

4.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП},$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot Z_{ЗП} = 30,2\% \cdot 163583,13 = 49402,1 \text{ руб.}$$

4.3.8 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.

$$Z_{накл} = (\text{затраты на тех.проект}) \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (Z_M + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{отч}}) \cdot k_{\text{нр}} = \\ = (98719,4 + 179881,9 + 142246,2 + 21336,93 + 49402,1) \cdot 0,16 = 78653,8 \text{ руб.}$$

4.3.9 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где I_{ϕ}^p – интегральный показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i – го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$ – максимальная стоимость исполнения научно – исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Максимальные затраты на покупку материалов для разработки методики испытаний обмоточный проводов равны 350 тыс. руб.

Стоимость комплектующих варианта исполнения текущей разработки методики испытаний обмоточной пленки ППИУ-200 равна 278601,3 руб. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 570240,33, включая бюджет затрат НТИ.

Стоимость варианта разработки обмоточной пленки ППИУТ-200, составляет 334081,9 рублей. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 625720,93 рублей, включая бюджет затрат НТИ.

Стоимость варианта исполнения ППИУТК-200 составляет 303429 рублей. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 595068,03 рублей, включая бюджет затрат НТИ.

$$\Phi p1 = 278601,3 + 291639,03 = 570240,33 \text{ руб.},$$

$$\Phi p2 = 334081,9 + 291639,03 = 625720,93 \text{ руб.},$$

$$\Phi p3 = 303429 + 291639,03 = 595068,03 \text{ руб.}$$

$$I_{\phi 1}^p = \frac{\Phi p1}{\Phi_{\max}} = \frac{570240,33}{625720,93} = 0,91,$$

$$I_{\phi 2}^p = \frac{\Phi p2}{\Phi_{\max}} = \frac{625720,93}{625720,93} = 1,$$

$$I_{\phi 3}^a = \frac{\Phi p3}{\Phi_{\max}} = \frac{595086,03}{625720,93} = 0,95.$$

Следовательно, исходя из этого, можно сделать вывод, что интегральный показатель разработки текущего проекта показывает удешевление стоимости разработки методики испытаний кабеля ППИУ-200 в 0,91 раз, а интегральный показатель разработки методики испытаний кабеля ППИУТ-200 в 0,95 раз.

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – банальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для определения ресурсоэффективности проекта рекомендуется рассмотреть следующие критерии, см. табл. 26:

1. Удобство в эксплуатации;
2. Надежность;
3. Безопасность;
4. Экономичность;
5. Гибкость.

Таблица 26 – критерии ресурсоэффективности и их характеристики

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка методики 1	Балльная оценка методики 2	Балльная оценка методики 3
1. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4	3
2. Надежность	0,25	4	4	5
3. Безопасность	0,15	5	4	5
4. Экономичность	0,15	5	4	4
5. Гибкость	0,25	5	5	4
Итого:	1,00	4,8	4,2	4,2

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр1}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф1}^p} = \frac{4,8}{0,91} = 5,27,$$

$$I_{финр2}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф2}^p} = \frac{4,2}{1} = 4,2,$$

$$I_{финр3}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф3}^p} = \frac{4,2}{0,95} = 4,42.$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$Эср_1 = \frac{I_{финр1}^p}{I_{финр2}^a} = \frac{5,27}{4,2} = 1,25,$$

$$Эср_2 = \frac{I_{финр1}^p}{I_{финр3}^a} = \frac{5,27}{4,42} = 1,19.$$

где $Эср$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Отразим сравнительную эффективность разработки в табл. 27.

Таблица 27 – сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка Методики Испытаний ППИУ-200	Методика испытаний ППИУТК- 200	Методика испытаний ППИУТ- 200
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	1	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,2	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	5,27	4,2	4,42
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,25	1,19

Анализируя полученные значения в таблице 27 можно сделать вывод, что наиболее эффективной является методика испытания ППИУ-200.

4.3.11 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{0n}t}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{опт}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t = 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 21. При расчете рентабельность проекта составляла **20-25 %**, норма амортизации - 10 %.
 $Аг = Сперв \cdot На / 100, себ = 570240,33, \underline{Выручка = себестоимость * 1,25 = 712800,01}$
р.

Таблица 28 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	712800,01	712800,01	712800,01	712800,01
2	Итого приток, руб.	0	712800,01	712800,01	712800,01	712800,01
3	Инвестиционные издержки, руб.	-570240,33	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	199584,99	199584,99	199584,99	199584,99
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	513216,69	513216,69	513216,69	513216,69
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0	102643,94	102643,94	102643,94	102643,94
8	Чистая прибыль, руб. (5-6)	0	410573,75	410573,75	410573,75	410573,75
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль + амортизация)	-570240,33	532224,5	532224,5	532224,5	532224,5
10	Коэффициент дисконтирования при $i=10\%$ (КД)	1	<u>0,83</u>	<u>0,69</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб. (9*10)	-570240,33	443343,0	369363,5	307265,5	256532,0
12	Σ ЧДД	1376863,911 руб.				
12	Итого NPV, руб.	806262,67 руб.				

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 10%

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет **806262,67** рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1376863,911}{570240,33} = 2,41$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $=0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость (Рисунок 18, Таблица 29).



Рисунок 18 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Таблица 29 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-570240,33	532224,5	532224,5	532224,5	532224,5	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-570240,33	483792,1	439617,4	399700,6	363509,3	1116379,1
	0,2	-570240,33	443343,0	369363,8	307625,8	256532,2	806624,5
	0,3	-570240,33	409280,6	315076,9	242162,1	186278,6	582557,9
	0,4	-570240,33	380008,3	271434,5	193729,7	138378,4	413310,5
	0,5	-570240,33	354993,7	236307,7	157006,2	105380,5	283447,8
	0,6	-570240,33	332640,3	207567,6	129862,8	81430,3	181260,7
	0,7	-570240,33	312948,0	178295,2	108041,6	59609,1	88653,6
	0,8	-570240,33	295916,8	164457,4	91010,4	50561,3	31705,6
	0,9	-570240,33	279950,1	147426,2	77704,8	40981,3	-24178,0
	1	-570240,33	266112,3	133056,1	66528,1	32997,9	-71546,0

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,85.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $85\% - 20\% = 65\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 30).

Таблица 30 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i = 0,10$), руб.	-570240,33	443343,0	369363,5	307265,5	256532,0
2	То же нарастающим итогом, руб.	-570240,33	514179,3	225423,9 9	897 872,02	1 509 432,6 2
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{дск} = 1 + (514179,3 / 369363,5) = 2,3$ года				

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора научного исследования. Установлено, что технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны научного исследования больше, чем на слабые;
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы научного исследования позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 570240,33 рублей;
- оценка ресурсоэффективности исследования, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,8 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

5. Социальная ответственность.

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения нормативных условий труда при работе в 057 аудитории 8 корпуса НИ ТПУ с установкой для испытаний на электрический пробой в лабораторных условиях в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности и обеспечении безопасности работников при возникновении ЧС. Данная установка разработана и эксплуатируется при выполнении практической части магистерской диссертации. Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям, в соответствии с законодательством Российской Федерации к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021) [15] работник аудитории 057, 8 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

Защита персональных данных работника также нормируется. Работодатель несет ответственность за нарушение норм, регулирующих обработку и защиту персональных данных работника в соответствии с законодательством РФ.

Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда: сокращенная продолжительность рабочего времени, ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск, повышение оплаты труда, досрочное назначение трудовой пенсии. Класс условий труда, при работе на данной установке 1-2, то есть условия труда являются оптимальными, компенсации в данном случае не предусмотрены.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [16]. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600x1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол (стенд) должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Рабочее место сотрудника аудитории 057, 8 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78 [16].

5.2. Производственная безопасность

В разделе производственной безопасности с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы,

которые могут возникать при разработке технологии или работе с оборудованием, а также требования по организации рабочего места.

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования и которые могут возникнуть при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 [17]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 31.

Таблица 31 – опасные и вредные факторы при выполнении работ по испытаниям НПК

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
3. Недостаточная освещённость рабочей зоны	+	+	+	
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи (до 35кВ)			+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

5. Поражение электрическим током			+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
6. Повышенный уровень электромагнитных полей.			+	СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам
7. Статическое электричество			+	ГОСТ Р 53734.5.2–2009. Защита электронных устройств от электростатических явлений. ГОСТ ИЕС 61340–5–1–2019. Защита электронных устройств от электростатических явлений.

5.2.2 Микроклимат

Под микроклиматом понимают качество воздушной среды в рабочей зоне. Эти требования устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия для рабочей зоны помещения, нормируемые следующими параметрами: температура, оптимальная влажность, скорость движения воздушного потока.

В соответствии с [17] показателями, характеризующими микроклимат являются:

- ✓ Температура воздуха;
- ✓ Относительная влажность воздуха;
- ✓ Скорость движения воздуха;
- ✓ Интенсивность теплового излучения.

Перечисленные показатели являются определяющими самочувствие рабочего персонала.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [18] (таблица 1) необходимо поддерживать следующие оптимальные параметры климата, обеспечивающие наибольшую вероятность сохранения здоровья и наибольшую производительность труда.

Таблица 32 – оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Сезон года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Теплый	Средней тяжести	20-22	16-27	40-60	<70	0,3	0,2-0,5
Холодный	Средней тяжести	17-19	15-21	40-60	<75	0,2	<0,4

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с [18], следующее:

- ✓ вентиляция приточно-вытяжная по СанПиН 2.2.4.548–96 [19] установка центробежных вентиляторов;
- ✓ установка систем местных отсосов по [19] для удаления вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения;
- ✓ установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;
- ✓ герметизация технологического оборудования.

Для поддержания соответствующих микроклиматических параметров используются системы вентиляции и отопления.

Для обеспечения оптимальных микроклиматических параметров и очистки воздуха в помещении применяют систему естественной вентиляции, но для обеспечения наиболее комфортных условий работы в весенне–летнее время года предлагается установка вентиляторов или системы кондиционирования.

Микроклиматические условия находятся в допустимых пределах температуры в теплый сезон 16–27 С°, в холодный сезон 15–21 С°.

5.2.3 Освещение

Для всех лаборатории и учебные классов промышленных предприятий предусматривается использование естественного и искусственного освещения.

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300–500 лк, что может достигаться установкой местного освещения (светильников). Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Расположение светильников должно выбираться таким образом, чтобы яркость бликов на экране не превышала 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [20].

Используются три вида освещения: естественное, искусственное и совмещённое.

При недостатке естественного освещения у человека нарушается обмен веществ и резистентность организма, поэтому широко используются газоразрядные источники света в силу близости их спектра к естественному свету.

Широко применяемыми источниками искусственного освещения являются: лампы накаливания, газоразрядные низкого (люминесцентные) и высокого (ДРЛ) давления.

Системы общего освещения подразделяются на равномерные (светильники распределяются равномерно по площади освещения), локализованные (для освещения оборудования и рабочих мест), местные (освещение рабочей поверхности) и комбинированные.

В кабинете с установкой применяется комбинированная система общего освещения: осуществляется равномерное освещение кабинета люминесцентными лампами ЛД.

Нормы освещённости определяются основными признаками зрительной работы: размер различаемого объекта; коэффициент отражения фона; контраст между объектом и фоном. На основе данных признаков разработаны требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий [20]. Согласно им, в кабинете естественного освещения при комбинированном освещении составляет: $K_{EO}=3\%$, а освещённость при комбинированном освещении от общего освещения должна составлять 200 Лк, а на рабочих местах – 750 Лк.

Так же предусматривается аварийное освещение с наименьшей освещённостью рабочих мест при аварийном режиме 2 Лк, эвакуационное освещение освещённостью не менее 0,5 Лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 Лк.

5.2.4 Электробезопасность

К опасным факторам можно отнести наличие в лаборатории большого количества оборудования, использующего однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности поражения электрическим током помещение 057, 8 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°C, с влажностью 40-50%) [22].

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека током может произойти в следующих случаях:

- при возникновении короткого замыкания в электроприборе;
- при прикосновении к токоведущим частям, находящихся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними;
- установки защитного заземления и зануления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- малое напряжение;
- соблюдение техники безопасности ГОСТ 12.0.004–2015;
- соблюдение мер безопасности в ходе выполнения задач;
- регулярный контроль за состоянием оборудования и организация необходимого планового ремонта и технического обслуживания.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещается учебно-лабораторный стенд с осциллографом, рабочее место должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [21]. Это основное техническое средство защиты. Так же для безопасности следует вывешивать специальные знаки и плакаты

Рассчитано защитное заземление для стенда, осциллографа и другого обслуживающего оборудования, которое находится в аудитории 057, 8 корпуса ТПУ [23]:

1. В качестве заземляющего устройства (вертикальные электроды) используем стальные трубы диаметром $d = 55$ мм, в качестве соединяющего элемента – стальная полоса шириной $b = 50$ мм.

2. Сопротивлению грунта в районе размещения установки или устройства.

Таблица 33 – исходные данные для расчета

Вид заземления	контурное
Длина заземлителя l , м	2,7
Глубина заземлителя в грунте h , м	0,65
Сезонный коэффициент K_c	2,0
Удельное сопротивление земли ρ , Ом·м	70
Диаметр d , мм	55
Ширина соединительной полосы b , мм	50
Допустимое сопротивление системы заземления по ПУЭ $R_{з.у.}$, Ом	4
Уровень напряжения, В	220-380

Величина электрического сопротивления растекания тока в грунт с одиночного заземлителя:

$$R_z = 0,366 \frac{\rho \cdot K_c}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right) =$$

$$= 0,366 \frac{70 \cdot 2}{2,7} \left(\lg \frac{2 \cdot 2,7}{0,055} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2 + 2,7}{4 \cdot 2 - 2,7} \right) = 40,62 \text{ Ом},$$

где $\rho = 70$ Ом – удельное сопротивление грунта;

$K_c = 2$ – коэффициент сезонности;

$l = 2,7$ м – длина заземлителя;

$d = 0,055$ м – диаметр заземлителя;

$t = h + 0,5l = 0,65 + 0,5 \cdot 2,7 = 2$ м – длина от поверхности земли до середины заземлителя.

4. Число заземлителей без взаимных помех, получаемых друг от друга, без так называемого явления «экранирования»:

$$n' = \frac{R_z}{R_{з.у.}} = \frac{40,62}{4} = 10,15 \approx 10$$

5. Число заземлителей с коэффициентом экранирования:

$$n = \frac{n'}{\eta_z} = \frac{10}{0,58} = 17,24 \approx 18$$

где $\eta_z = 0,58$ – коэффициент экранирования [22].

Принимаем расстояние между заземлителями $a = l = 2,7$ м.

6. Длина соединительной полосы:

$$l_n = 1,05 \cdot n \cdot a = 1,05 \cdot 18 \cdot 2,7 = 51,03 \text{ м}$$

7. Значение сопротивления растекания тока с соединительной полосы:

$$R_{II} = 0,366 \frac{\rho K_c}{l_n} \lg \frac{2l_n^2}{b \cdot h} = 0,366 \frac{70 \cdot 2}{51,03} \lg \frac{2 \cdot 51,03^2}{0,05 \cdot 0,65} = 5,2 \text{ Ом}$$

8. Полное сопротивление системы заземления:

$$R_{зy} = \frac{R_z \cdot R_{II}}{R_z \cdot \eta_n + R_{II} \cdot \eta_z \cdot n} = \frac{40,62 \cdot 5,2}{40,62 \cdot 0,51 + 5,2 \cdot 0,58 \cdot 18} = 2,82 \text{ Ом},$$

где $\eta_n = 0,51$ – коэффициент экранирования полосы [22].

Таким образом, сопротивление $R_{зy} = 2,82$ Ом не превышает 4 Ом. Следовательно, диаметр заземлителя $d = 55$ мм при числе заземлителей $n = 18$ является достаточным для обеспечения защиты при контурной схеме расположения заземлителей.

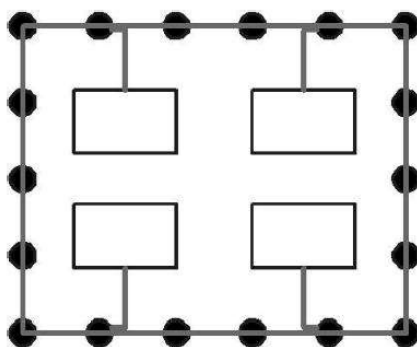


Рисунок 19 – схема полученного контурного заземления

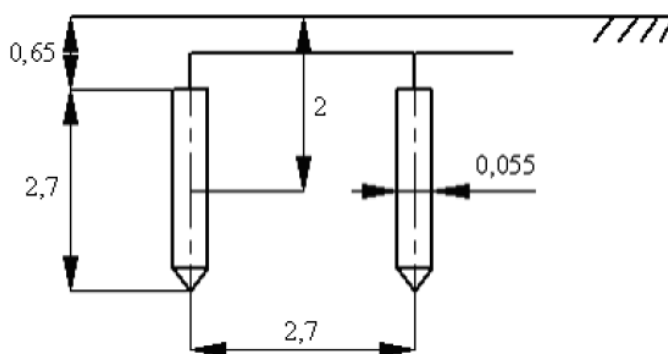


Рисунок 20 – схема расположения заземлителей

Разработанные мероприятия и расчеты обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в исследуемой аудитории.

5.2.5 Повышенный уровень электромагнитных полей

Основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов при разработке стенда для испытаний является электронно-вычислительная техника, поскольку есть возможность поражения электрическим током. Такое оборудование может привести к возникновению статического электричества, повышенный уровень электромагнитных полей, повышенная напряженность электрического поля.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы, относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [24]

ЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с

оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 [25].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 057, 8 корпуса ТПУ [11], создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений [25], представленных в таблице 34:

Таблица 34 – допустимые уровни ЭМП, создаваемых ЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ 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 электроstaticкого поля		15 кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 057, 8 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 3 соответствуют нормам.

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Работа в лаборатории сопряжена с образованием твердых отходов. При обращении с твердыми отходами: бытовым мусор (отходы бумаги, отработанные специальные ткани для протирки офисного оборудования и экранов мониторов); отработанные люминесцентные лампы; комплектующие и запчасти, утратившие в результате износа потребительские свойства— надлежит руководствоваться процедуре утилизации ГОСТ Р 53692–2009 Ресурсосбережение: бытовой мусор после предварительной сортировки складируют 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 28.12.2020 №2314. 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 ртуть содержащих ламп.

При выполнении ВКР никакого ущерба окружающей среде не было нанесено.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования образцов на стенде представляет собой работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также работа с помощью различных программных комплексов. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возникновение ЧС обусловлено возникновением пожара, под которым понимается вышедший из под контроля процесс горения, обусловленный возгоранием высоковольтной техники и угрожающий жизни и здоровью работников.

Причинами возгорания при работе со стендом могут быть:

- токи короткого замыкания;
- неисправность электросетей;
- небрежность работника при работе со стендом;
- воспламенение стенда из-за перегрузки.

Пожарная профилактика обеспечивается: системой предотвращения пожара; системой противопожарной защиты; организационно - техническими мероприятиями. К мерам предотвращения пожара относятся: применение средств защитного отключения возможных источников загорания (защитного зануления); применение искробезопасного оборудования; применение устройства молниезащиты здания; выполнение правил (инструкций) по пожарной безопасности ГОСТ Р 22.0.01-2016 [26].

К мерам противопожарной защиты относятся: применение пожарных извещателей; средств коллективной и индивидуальной защиты от факторов пожара; системы автоматической пожарной сигнализации; порошковых или углекислотных огнетушителей, два ящика с песком 0,5 м³.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности; разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей; организация внештатной пожарной дружины.

При обнаружении загорания рабочий немедленно сообщает по телефону 01 в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

План эвакуации при возникновении пожара в 057 аудитории 8 корпуса НИТПУ представлен на рисунке 23.

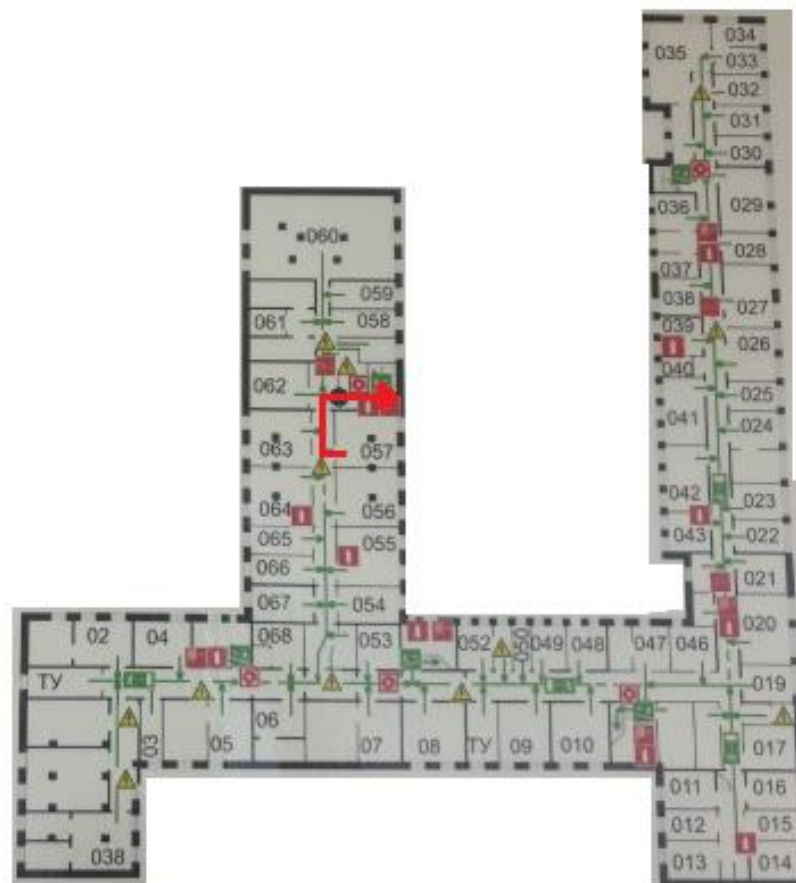


Рисунок 21 – План эвакуации при возникновении пожара в 057 аудитории 8 корпуса НИТПУ

Вывод:

В данном разделе были рассмотрены вопросы, которые обуславливают социальную ответственность работника НИ ТПУ, проводящего испытания на высоковольтной установке и организации перед окружающей средой и природой. Также были выявлены опасные и вредные факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: статическое электричество, поражение электрическим током, отклонение показателей микроклимата, недостаток освещения . Каждый фактор нормируется согласно требованиям ГОСТ и СНИП, в которых описываются все аварийные и вредные для человека ситуации, возникающие при работе. Рассмотрены чрезвычайные ситуации, которые могут возникать при работе на установке. Что следует предпринять для профилактики пожара и порядок действий при его возникновении.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы был приведен литературный обзор, в котором рассмотрены назначение, условия эксплуатации, номенклатура и свойства обмоточных проводов с пленочной изоляцией, а так же методы испытаний проводов.

В методической части представлены методики определения испытательного напряжения для выявления сквозных дефектов и методика высоковольтных испытаний кабельных изделий.

В экспериментальной части изучен объект исследования. Определено пробивное напряжение дефектных мест в изоляции. Были отработаны методики проведения испытаний. Определено пробивное напряжение проводов в состоянии поставки. Проведена оценка влияния испытательного напряжения на пробивное напряжение обмоточных проводов с пленочной изоляцией.

В разделе финансовый менеджмент проведен анализ сильных и слабых сторон научно-технического проекта. Разработан график этапов работ для разработки учебно-лабораторного стенда. Рассчитаны затраты, заработная плата участников научно-технического проекта.

В разделе социальная ответственность произведена оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов. Рассмотрены вопросы техники безопасности, пожарной профилактики, охраны окружающей среды, защиты в ЧС при работе электротехнического персонала.

В заключении стоит отметить, что таким образом, предлагается методический подход к определению безопасного, но эффективного испытательного напряжения, которое можно использовать как производителем, так и потребителем при проведении одновременно качественных и безопасных для изоляции провода испытаний.

Литературный обзор

1. И.Б. Пешков Обмоточные провода. Энергоатомиздат. 1995
2. Макиенко Г.П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь: Агенство «Стиль-МГ» 2004, 560с.
3. Месенжник, Я. З. Кабели для нефтегазовой промышленности. – Ташкент: Фан, 1972. – 435 с.
4. Камский кабель <http://www.kamkabel.ru/>
5. Обмоточные провода: учебное пособие / В.М. Аникеенко,
6. А.П. Леонов, А.В. Петров; Томский политехнический университет. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 190 с
7. ГОСТ 28114-89. Метод измерения частичных разрядов
8. Астахин В.В. Трезов В.В. Суханова И.В. : Электроизоляционные лаки, пленки и волокна. Москва : Химия, 1986 – 157 с.
9. «О влиянии частоты испытательного напряжения на полиимидно- фторопластовую пленочную изоляцию». Васильев и В.Т. Пивненко Выпуск №2 (376) 2019 Б.Е.
10. Фторопласты. Паншин Ю.А., Малкевич С.Г., Дунаевская Ц.С. – М.:Химия, 1978.-231 с.
11. Высокомолекулярные соединения, Изучение реакций перекисных радикалов во фторсодержащих полимерах. Бобылева А.В., Берлянт С.М..- М.: Научно-исследовательский физико-химический институт имени Л.Я. Карпова, 1977.-364 с.
12. «Усовершенствование технологии производства обмоточных проводов с пленочной полиимидно- фторопластовой изоляцией». Б.Е. Васильев Выпуск №4 (384) 2020
13. Комплект учебного оборудования «Высоковольтная и кабельная техника системы» [Электронный ресурс]

14. Учебно- методическое пособие Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.04.2021)
16. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
17. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015 г.
18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
19. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
20. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"
21. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
22. ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК. Седьмое издание, 2002 г.
23. Дашковский А.Г. Расчет устройства защитного заземления. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Электробезопасность» для студентов всех специальностей ЭЛТИ. Томск, изд. ТПУ, 2010. – 8 с.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
25. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003 г.