

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

Инженерная школа энергетики (ИШЭ)
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Отделение электроэнергетики и электротехники (ОЭЭ)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния внешних факторов на изоляцию нефтепогружных кабелей

УДК621.315.6:622.276.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM86	Лихачёва Мария Андреевна		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Фех Алина Ильдаровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Леонов А.П.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5AM86	Лихачёвой Марии Андреевны

Тема работы:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ИЗОЛЯЦИЮ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№44-44/ с 13.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – изоляция нефтепогружных кабелей из композиций блоксополимера пропилена с этиленом. Обзор литературы, техническое задание на выполнение работ.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Обзор литературы 2 Методическая часть 3 Экспериментальная часть 4 Раздел, выполненный на иностранном языке 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6 Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	—

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент отделения социально-гуманитарных наук Спицина Л.Ю.
Социальная ответственность	Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин Фех А.И.
Иностранный язык	Доцент отделения иностранных языков Воробьева Виктория Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Литературный обзор	

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

Задание выдал руководитель/консультант:

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
5AM86	Лихачёва Мария Андреевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM86	Лихачёвой Марии Андреевне

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Капитальные вложения в исследование: 399 975 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	15% - доплаты и надбавки; 12% - дополнительная заработная плата; 30% - районный коэффициент; 16% - накладные расходы. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности – не мене 4,32 баллов из 5
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	28 % отчисления на социальные нужды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	SWOT-анализ
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работы; - определение трудоёмкости работы; - разработка графика Ганта.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты на два метода исследования; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы; - сравнение затрат на два метода исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НТИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM86	Лихачёва Мария Андреевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM86	Лихачёвой Марии Андреевне

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

Тема ВКР:

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ИЗОЛЯЦИЮ НЕФТЕПОГРУЖНЫХ КАБЕЛЕЙ	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	- объект исследования – установка ДСК (дифференциально-сканирующий калориметр).
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	-Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). -ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат в помещении; – Освещение рабочей зоны; – Воздействие повышенного напряжения; – Электробезопасность; – Термическое поражение; – Химический фактор.
3. Экологическая безопасность:	– указать область воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– выбор типичной 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	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Фех Алина Ильдаровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM86	Лихачёва Мария Андреевна		

Реферат

Дипломная работа содержит 106 страницы текстового материала, 22 рисунок, 21 таблиц, 29 использованных источников. Таблицы и графики составлялись в графическо-расчетной программе ОС Windows Microsoft Excel, оформление текстового документа осуществлялось в программе ОС Windows Microsoft Word.

Тема: Исследование влияния внешних факторов на изоляцию нефтепогружных кабелей.

Объект исследования - изоляция токопроводящих жил нефтепогружных кабелей. Материалы изоляции блок-сополимер пропилена с этиленом.

Перечень ключевых слов: установка электроцентробежного насоса, изоляция, агрессивная среда, пробивное напряжение, относительное удлинение.

В первой главе были рассмотрены номенклатура и свойства нефтепогружных кабелей, применяемых для питания УЭЦН.

Во второй главе описана методика проведения испытаний и подготовка образцов.

В третьей главе представлены результаты и анализ экспериментов.

В четвертой главе приведен финансовый расчет проекта. В пятой – информация по безопасности жизнедеятельности. Иностранная часть диссертации на английском языке представлена в приложении А.

Обозначения и сокращения

УЭЦН – установка электрического центробежного насоса;

ПЭД – погружной электрических двигатель;

НПК – нефтепогружной кабель;

ТПЖ – токопроводящая жила;

БСПЭ – блоксополимер пропилена и этилена;

Упр – пробивное напряжение.

Оглавление

Введение.....	11
1 Литературный обзор	12
1.1 Номенклатура и свойства нефтепогружных кабелей	12
1.2 Условия эксплуатации и требования, предъявляемые к НПК	19
1.2.1 Основные требования, предъявляемые к НПК	21
1.3 Обзор методов контроля и испытаний НПК	28
1.4 Выводы, постановка задач на исследование	31
2 Методическая часть	33
2.1 Методика подготовки образцов.....	33
2.2 Методика выдержки образцов при отрицательной температуре.....	34
2.3 Методика подготовки образцов с заданной степенью деформации.....	35
2.4 Методика старения образцов.....	36
2.5 Методика определения пробивного напряжения изоляции образцов....	37
3 Экспериментальная часть.....	39
3.1 Объекты исследования	39
3.2 Экспериментальное определение пробивного напряжения изоляции ...	40
3.3 Обсуждение результатов.....	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 55	
4.1 Предпроектный анализ	55
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	55
4.1.2 SWOT-анализ	56
4.2 Планирование научно-исследовательской разработки.....	60
4.2.1 Структура работы в рамках научного исследования	60
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения проектировочных работ ..	61
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	63
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	66
4.2.5 Расчет материальных затрат	66
4.2.6 Расчёт затрат на оборудование.....	67
4.2.6 Полная заработная плата исполнителей темы	68
4.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	70

4.2.8 Накладные расходы	71
4.2.9 Формирование сметы технического проекта	71
4.2.10 Определение ресурсоэффективности проекта.....	72
5 Социальная ответственность	75
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	75
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	76
5.2 Производственная безопасность	77
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов.....	77
5.2.2 Микроклимат.....	78
5.2.3 Освещение	80
5.2.4 Защита от случайного прикосновения.....	81
5.2.5 Защитное заземление.....	82
5.2.7 Химические факторы.....	84
5.3 Экологическая безопасность.....	85
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	85
5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
Заключение	92
Список использованных источников	93
Приложение А	96

Введение

Российская Федерация является не только самым большим по занимаемой территории государством, но и одной из богатейших по наличию в ее недрах углеводородного сырья.

Нефтяная отрасль - это специфический пласт деятельности, требующий особого подхода к изготавливаемому оборудованию. Истощение поверхностных запасов нефти привело к тому, что процесс добычи сырья происходит на большей глубине, чем ранее, что требует использования более прочного оборудования, в том числе и кабеля для нефтяной промышленности.

Эксплуатация кабеля для добычи нефти происходит в чрезвычайно суровых условиях: высокие температуры, воздействие высокого гидростатического давления, резкие перепады температуры и давления, попадание продуктов нефти, растягивающие нагрузки, поэтому к ним предъявляются более жесткие требования.

В последнее время с увеличением глубины бурения скважин до 2000 – 3000 м. остро стоит вопрос обеспечения надежности нефтепогружных кабелей (НПК), что обусловлено воздействием на изоляцию НПК повышенных температур (до 200 °С) и давлений (более 100 МПа). Поэтому при оценке надежности особенно необходимо учитывать такие важные условия работы кабеля, как температура, давление. При воздействии этих факторов происходит снижение электрических и механических свойств материала изоляции. Основными параметрами изоляции нефтепогружного кабеля являются ее электрические и механические свойства. В связи с этим анализ влияния теплового старения на электрические свойства позволит решить задачу обеспечения надежности нефтепогружных кабелей и возможность прогноза ее эксплуатационных свойств, что является, безусловно, актуальной задачей [2].

1 Литературный обзор

1.1 Номенклатура и свойства нефтепогружных кабелей (НПК), применяемых для питания ПЭД

КПБП-90, КПБК-90, КПпБП-120, КПпБК-120, КПпБП-125, КПпБК-125, КПпБкП-120.

КПБП-90 [11]:

К – Кабель;

П – Погружной;

Б – Бронированный;

П – Плоский;

90 – Допустимая температура нагрева жил.

КПпБП-125:

К – Кабель;

Пп - Изоляция из полипропилена;

Б (Бк) – Броня из стальных оцинкованных лент (броня из лент коррозионно-стойкой стали);

П – Плоский;

125 – Допустимая температура нагрева жил.

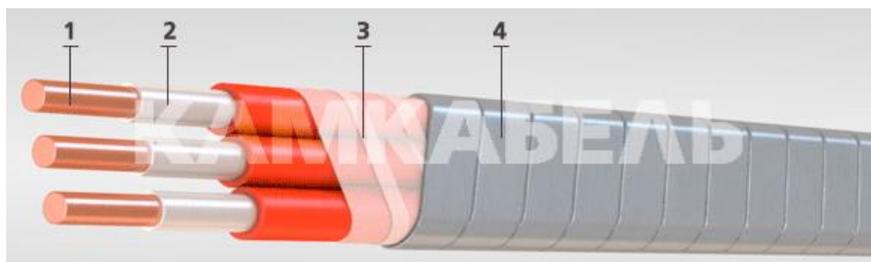


Рисунок 1 – КПБП-90

1. Токопроводящая медная однопроволочная жила сечением 10; 13,3; 16; 21,15; 25; 35 мм².
2. Двухслойная изоляция:

- ✓ Из ПЭНД для кабелей марок КПБП-90, КПБК-90 (на номинальное напряжение 3,3 кВ)
 - ✓ Из блоксополимера пропилена с этиленом для кабелей марок КППБП-120, КППБК-120, КлППБП-120, КлППБК-120, КППБП-125, КППБК-125, КППБкП-120, КППБкП-125 (на номинальное напряжение 3,3; 4 и 5 кВ)
3. Подушка из лент нетканого полотна.
 4. Броня из стальной оцинкованной ленты или ленты из коррозионностойкой стали (обозначение в марках кабелей – Бк).

КПпфвБП-130, КПпфвБК-130, КПвфвБП-130, КПвфвБК-130.

КПвфвБП-130 [11]:

К – Кабель;

Пв – изоляция из сшитого полиэтилена;

Фв – защитный слой из фторопластовых пленок и ПВХ лент;

Б – Бронированный;

П – Плоский;

130 – Допустимая температура нагрева жил.



Рисунок 2 - КПпфвБП-130

1. Токопроводящая медная однопроволочная жила сечением 10; 13,3; 16; 21,15; 25 мм².
2. Двухслойная изоляция:

- ✓ Из термостойкого блоксополимера пропилена с этиленом для кабелей марок КПпфвБП-130, КПпфвБК-130, КлПпфвБП-130, КлПпфвБК-130;
 - ✓ Из сшитого полиэтилена для кабелей марок КПвфвБП-130, КПвфвБК-130.
3. Защитный слой из пленок стойких к воздействию температуры и агрессивных сред.
 4. Подушка из лент нетканого полотна.
 5. Броня из стальной оцинкованной ленты.

Кабели с защищенной полипропиленовой изоляцией для установок погружных электронасосов.

Кабели для погружных электронасосов с медными жилами, с полипропиленовой изоляцией, с защитным покровом поверх изоляции с фторопластовой и ПВХ лент, бронированный стальной оцинкованной лентой, с длительно допустимой температурой нагрева жил 130 0С.

Используются для эксплуатации в скважинной жидкости, содержащей нефть, а также воду и газ со следующими показателями:

- содержание воды - до 100%;
- водородный показатель попутной воды – 6,0-8,5 рН;
- концентрация сероводорода – не более 0,0015 (0,01 г/л);
- гидростатическое давление – не более 25 Мпа;
- газовый фактор – не более 500 м³/ м³.

Указания по эксплуатации.

- Вид климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1 и 5 по ГОСТ 15150.
- Кабель стойкий к воздействию смены температур: от -60 до 130 0С.
- Кабели стойки к пониженной температуре воздуха при спуско-подъемных и перемоточных операциях не ниже -40 0С [7].

- Радиус изгиба кабелей при спуско-подъемных и перемоточных операциях: не менее 380 мм.

- Гарантийный срок эксплуатации кабелей: 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня отгрузки Потребителю.

КПпОБП-130 [12]

К – Кабель;

Пп - изоляционный слой из полимера пропилена;

О - общее покрытие из материала термостойкого;

Б - броня из оцинкованной стальной ленты;

П – Плоский;

130 – Допустимая температура нагрева жил.



Рисунок 3 - КПпОБП-130

1. Токопроводящая медная однопроволочная жила сечением 10; 13,3; 16; 21,15; 25 мм².
2. Двухслойная изоляция из термостойкого блоксополимера пропилена с этиленом.
3. Общая оболочка из термостойкого блоксополимера пропилена с этиленом.
4. Подушка из лент нетканого полотна.
5. Броня из стальной оцинкованной ленты.

Кабель с термостойкой полипропиленовой изоляцией в общей оболочке для установок погружных электронасосов, предназначен для подачи электроэнергии к погружным электродвигателям установок добычи нефти, водопъема и перекачки жидкостей из шурфов, резервуаров и водоемов.

Используются для эксплуатации в скважинной жидкости, содержащей нефть, а также воду и газ со следующими показателями:

- содержание воды - до 100%;
- водородный показатель попутной воды – 6,0-8,5 рН;
- концентрация сероводорода – не более 0,0015 (0,01 г/л);
- гидростатическое давление – не более 25 Мпа;
- газовый фактор – не более 500 м³/ м³.

Указания по эксплуатации.

- Вид климатического исполнения УХЛ, категории размещения 1 и 5 по ГОСТ 15150.

- Кабель стойкий к воздействию смены температур: от -60 до 130 °С.

- Кабели стойки к пониженной температуре воздуха при спуско-подъемных и перемоточных операциях не ниже -30 °С.

- Кабели стойки к раздавливающей нагрузке: не менее 158 кН (16000кгс).

- Радиус изгиба кабелей при спуско-подъемных и перемоточных операциях: не менее 380 мм.

- Изолированные жилы продольно герметичны при перепаде давления жидкости 0,02 Мпа на 1 метр длины.

- Гарантийный срок эксплуатации кабелей: 18 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 24 месяцев со дня отгрузки Потребителю.

КИФБП-230 [12]

К – Кабель;

ИФ - изоляция из полиимидно-фторопластовой пленки и фторсополимера;

Б - броня из стальной оцинкованной ленты;

П – Плоский;

230 - Допустимая температура нагрева жил.

1. Токопроводящая медная однопроволочная жила сечением 10; 13,3; 16; 21,15; 25 мм².

2. Комбинированная изоляция из полиимидно-фторопластовой пленки и фторполимера.
3. Броня из стальной оцинкованной ленты.

КЭСБП-230, КЛЭСБП-230, КЛЭСБкП-230 [12]

К – Кабель;

Л – Эмалевая изоляция;

Э - Изоляция жил из резины на основе этиленпропиленового каучука;

С - Свинцовая оболочка по изолированным жилам;

Б(к) - Броня из стальных оцинкованных лент (броня из лент коррозионностойкой стали);

П – Плоский;

230 - Допустимая температура нагрева жил.

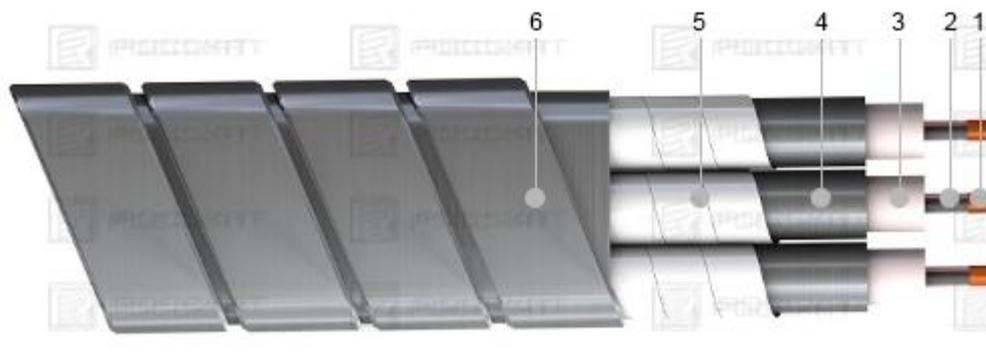


Рисунок 4 – КЛЭСБП-230

1. Медная луженая однопроволочная токопроводящая жила;
2. Изоляция из эмали;
3. Изоляция на основе этиленпропиленового каучука;
4. Оболочка из свинцового сплава;
5. Подушка в виде оплетки нитями и/или обмотки лентой;
6. Броня из стальной оцинкованной или нержавеющей ленты.

КПвПпБП-120 [12]

К – Кабель;

ПвП - Двухслойная изоляция

п - 1-й слой – из химически сшитого полиэтилена, 2-й слой – из композиции блоксополимера пропилена с этиленом стойкого к воздействию ионов меди

Б - Броня из стальной оцинкованной ленты;

П – Плоский;

120 - Допустимая температура нагрева жил.

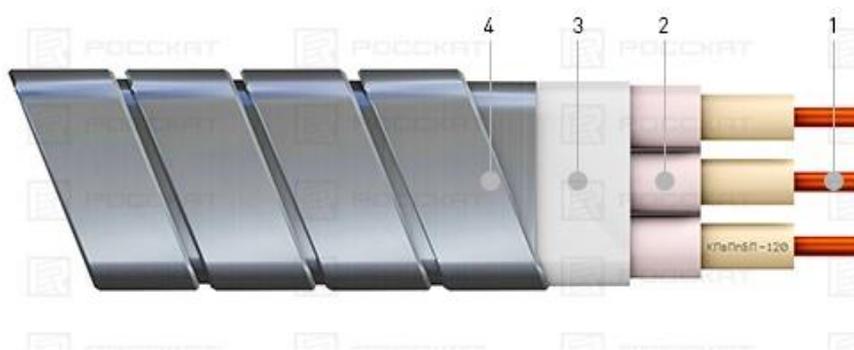


Рисунок 5 - КПвПпБП-120

1. Медная однопроволочная токопроводящая жила;
2. Двухслойная изоляция: первый слой из радиационно-модифицированного полиэтилена, второй слой комбинированный из двух композиций блоксополимера пропилена с этиленом;
3. Подушка из ленты нетканого полотна;
4. Броня из стальной оцинкованной или нержавеющей ленты

Кабель КПвСБП-180 [12]

К – Кабель;

Пв – Изоляция из радиационно-модифицированного полиэтилена высокой плотности;

С - Свинцовая оболочка по изолированным жилам;

Б(к) - Броня из стальных оцинкованных лент (броня из лент коррозионностойкой стали);

П – Плоский;

180 - Допустимая температура нагрева жил.



Рисунок 6 - КПвСБП-180

1. Медная токопроводящая жила;
2. Изоляция из радиационно-модифицированного полиэтилена высокой плотности;
3. Оболочка из свинцового сплава;
4. Подушка и броня.

1.2 Условия эксплуатации и требования, предъявляемые к НПК

Кабельные линии для установок электроприводного центробежного насоса (УЭЦН) представляют собой важный элемент, соединяющий в процессе эксплуатации все типы оборудования, входящие в установку. Надежность электроснабжения каждого элемента УЭЦН – необходимое условие ее функционирования. Этот важный факт определяет повышенные требования к качеству и надежности НПК. В свою очередь надежность НПК, как и любого другого изделия электротехнической промышленности, определяется условиями эксплуатации, уровнем и видом воздействующих нагрузок [4].

По длине кабельной линии УЭЦН можно выделить три области с различными условиями работы:

1. Среда скважинной (пластовой) жидкости;
2. Газовоздушная среда;
3. Воздух.

Помимо окружающей среды на изоляцию НПК воздействует температура, рабочее гидростатическое давление, а также НПК подвержены

значительным изгибающим, крутящим нагрузкам, а также воздействию сил трения при подъеме и опускании системы в скважину.

Рабочая температура при эксплуатации кабеля колеблется в широких пределах в зависимости от района нахождения скважины. Максимальные $T_{\text{раб}}$ наблюдаются в скважинах Ставропольского края, Грузии, достигая 130°C . В районах Западной Сибири Максимальная $T_{\text{раб}}$ составляет $70-90^{\circ}\text{C}$. В большинстве нефтепромысловых районов максимальные рабочие температуры на глубине до 2000 м не превышают 90°C . Кроме воздействия факторов, описанных выше, необходимо принять во внимание также прирост температуры кабельной линии за счет тепла, выделяемого электродвигателем и насосом ΔT . В нормальных режимах эксплуатации ΔT может достигать 20°C . В аварийных режимах (срыв подачи нефти) ΔT превышает $40-50^{\circ}\text{C}$, что приводит к расплавлению изоляции с последующим коротким замыканием между жилами. Следовательно, под рабочей температурой следует понимать температуру кабеля в местах соприкосновения его с двигателем.

Гидростатическое давление влияет практически на все характеристики кабеля и возрастает с увеличением глубины скважины. Гидростатическое давление в глубоких скважинах практически полностью зависит от плотности скважинной жидкости. В некоторых действующих скважинах давление достигает 150 Мпа, а в сверхглубоких $200-250$ Мпа [7].

Рабочей средой, в которой эксплуатируются кабельные линии УЭЦН, является нефть, вода и газ. Нефтяная среда содержит некоторое количество пластовой или попутной воды. Состояние среды в нефтяных скважинах определяется динамическим уровнем, т.е. глубиной расположения границы раздела между жидкой и газообразной средами в эксплуатационном режиме. Обычно величина динамического уровня мала и скважина на отдельных месторождениях практически полностью заполнена жидкостью. Иногда динамический уровень достигает $500-700$ м и более, и данный фактор необходимо учитывать при эксплуатации кабельных линий УЭЦН. В общем

случае, нефть представляет собой смесь углеводородов метанового, нафтенового и ароматического рядов, причем чаще из углеводородов метанового ряда. Для большинства сортов нефти содержание углерода колеблется от 83 до 87%, а водорода – 12-14% [4].

В целом можно отметить, что кабели для УЭЦН подвергаются одновременному воздействию механических нагрузок и агрессивной среды пластовой жидкости при повышенных температуре и давлении. Интенсивность этих воздействий лежит в широких пределах и оказывает решающее влияние на срок службы и работоспособность НПК. Отличительная особенность условий эксплуатации НПК – действие пластовой жидкости при повышенном давлении и температуре.

1.2.1 Основные требования, предъявляемые к НПК

1) Конструктивные требования

Конструктивные размеры кабелей должны быть указаны в технических условиях на кабели конкретных марок.

2) В таблицу основных конструктивных размеров кабелей должны входить [1]:

- Марка кабелей;
- Число и номинальное сечение основных жил, мм²;
- Число и номинальное сечение контрольных жил, мм²;
- Номинальная толщина изоляции жил, мм;
- Номинальный диаметр изолированных жил, мм;
- Номинальная толщина оболочек жил, мм;
- Номинальный диаметр оболочек жил, мм;
- Максимальные наружные размеры кабелей, мм.

При двухслойной изоляции, если слои выполнены из разнородных материалов, должны быть указаны номинальные толщины и диаметры каждого слоя изоляции.

1.2.1.1 Требования к ТПЖ

- Токопроводящая жила должна быть изготовлена из медной проволоки.
- Жилы номинальным сечением 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 мм² должны соответствовать классу 1 или 2 по ГОСТ 22483 [5].
- Жилы номинальным сечением 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,5 мм² должны соответствовать классу 2 по ГОСТ 22483.
- Многопроволочные жилы должны иметь заполнение промежутков между проволоками герметизирующим материалом [1].

1.2.1.2 Требования к изоляции

Поверх ТПЖ должна быть наложена изоляция. Изоляция должна плотно прилегать к жиле, в ней не должно быть пор и инородных включений, а на ее поверхности – трещин, вмятин и утолщений, выводящих номинальные размеры изолированной жилы за предельные отклонения [1].

- Пластмассовая изоляция и изоляция из термоэластопластов должна быть наложена в 2 слоя.
- Допускается выполнение слоев изоляции из разнородных материалов.
- Слои изоляции должны отличаться между собой по цвету.
- Диаметры изолированных жил в любом поперечном сечении кабеля не должны отличаться более чем на 10%.
- Починка изоляции жил при изготовлении кабелей не допускается [1].

1.2.1.3 Требования к оболочке

- Поверх изолированной жилы может быть наложена оболочка.
- Оболочка должна плотно прилегать к изоляции жилы и легко отделяться от нее без повреждения изоляции.
- В оболочке не должно быть пор, инородных включений и трещин, а на ее поверхности – трещин, вмятин и утолщений, выводящих номинальные размеры оболочки за предельные отклонения.

- Наличие оболочки по изолированной жиле для кабелей с резиновой изоляцией обязательно.
- Диаметры жил по оболочкам в любом поперечном сечении кабеля не должны отличаться более чем на 10%.
- Починка оболочек при изготовлении кабелей не допускается [1].

1.2.1.4 Требования к бандажу

- Поверх изоляции или оболочки жилы может быть наложен бандаж в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 50% и/или оплетки плотностью не менее 85%. Для кабелей с резиновой изоляцией и резиновыми оболочками наложение бандажей обязательно;
- Бандаж должен быть плотно наложен на жилу;
- Поверх скрученных жил круглых кабелей и жил плоских кабелей, уложенных параллельно, должна быть продольно проложена маркировочная лента и наложена подушка под броню. В случае выполнения подушки в виде общей оболочки маркировочную ленту прокладывают поверх подушки;
- Материал маркировочной ленты и обозначения на ней должны быть устойчивы к механическим воздействиям брони и влиянию внешней среды [1].

1.2.1.5 Требования к подушке

- Подушка под броню может выполняться в виде обмотки лентами с перекрытием не менее 40%, оплетки плотностью не менее 70%, общей пластмассовой или резиновой оболочки, других конструкций, обеспечивающих защиту изоляции и оболочек жил кабеля от механических воздействий брони;
- Подушка должна быть плотно наложена на жилы кабеля и легко отделяться от изоляции или оболочек жил без повреждения изоляции и оболочек;

- Подушка в виде общей оболочки не должна иметь трещин и сквозных пор. Промежутки между жилами под подушкой могут иметь заполнение;
- Допускается отсутствие подушки в кабелях, имеющих бандажи поверх изоляции или оболочек жил [1].

1.2.1.6 Требования к броне

- Поверх подушки или жил, имеющих бандажи, должна быть наложена броня из лент, номинальные размеры которых должны соответствовать указанным в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Номинальные размеры лент

Тип ленты	Конструктивное исполнение кабеля	Номинальное сечение основных жил, мм ²	Номинальные размеры ленты, мм	
			Толщина	Ширина
Стальная оцинкованная	Круглый	6 и 8	0,4	10-15
		10-50	0,5	10-15
	Плоский	6 и 8	0,4	15-20
		10-50	0,5	15-20
Из коррозионно-стойкой стали	Круглый	6 и 8	0,3	10-15
		10-50	0,4	10-15
	Плоский	6 и 8	0,3	15-20
		10-50	0,4	15-20

При бронировании кабелей ленты должны иметь профили [1]:

- S-образный (рис.7, а) – для круглых кабелей;
- ступенчатый противозадирный (рис.7, б) – для плоских кабелей.



Рисунок 7 – Профили лент при бронировании кабелей

Броня должна быть наложена:

- «в замок» - на круглых кабелях;
- с перекрытием на 30-50% - на плоских кабелях.

Не допускается расхождение и набегание друг на друга витков брони.

1.2.1.7 Требования к электрическим параметрам

- Электрическое сопротивление ТПЖ постоянному току, пересчитанное на длину 1 км и температуру 20 0С, должно соответствовать:
- сечением 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 мм² – ГОСТ 22483;
- сечением 13,3 и 21,15 мм² – указанному в таблице 2 [1].

Таблица 2 – Электрическое сопротивление постоянному току для жил сечением 13,3 и 21,15 мм²

Номинальное сечение жилы, мм ²	Электрическое сопротивление ТПЖ на длине 1 км при 20 0С, Ом, не более
13,3	1,400
21,15	0,863

- Электрическое сопротивление изоляции основных жил готового кабеля, пересчитанное на длину 1 км и температуру 20 0С, должно быть не менее:
 - 2500 МОм – для кабелей с пластмассовой изоляцией и изоляцией из термоэластопластов;
 - 500 МОм – для кабелей с резиновой изоляцией.

- Изолированные основные жилы и готовые кабели должны выдержать испытание напряжением постоянного тока в течение не менее 5 мин.
- Значения испытательного напряжения и ток утечки изоляции, замеренный в конце испытания напряжением и пересчитанный на длину 1 км и температуру 20 °С, должны соответствовать указанным в таблице 3 [1].

Таблица 3– Значения испытательного напряжения и ток утечки изоляции в конце испытания

Номинальное напряжение кабеля, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Ток утечки изоляции при испытательном напряжении, А, не более, для кабелей	
		С пластмассовой изоляцией и изоляцией из термоэластопластов	С резиновой изоляцией
3,3	18	1·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁵
4,0	20		
5,0	20		

1.2.1.8 Требования стойкости к механическим воздействиям

- Кабели должны быть стойкими к изгибам при навивании на цилиндр диаметром равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля.
- Кабели должны выдерживать раздавливающую нагрузку не менее:
 - 98 кН (10тс) – для кабелей с основными жилами сечением 6 и 8 мм²;
 - 158 кН (16тс) – для кабелей с основными жилами остальных сечений.
- Изолированные жилы кабелей должны быть продольно герметичны при перепаде давления жидкости 0,02 МПа на 1 м длины [1].

1.2.1.9 Требования стойкости к внешним воздействующим факторам

- Кабели в статическом состоянии должны быть стойкими к воздействию температуры воздуха до минус 60 °С.

- Кабели должны быть стойкими к воздействию смены температур от минус 60 °С до длительно допустимой температуры нагрева жил.
- Кабели должны выдерживать изгибы вокруг роликов диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля, при температуре воздуха не ниже [1]:
 - минус 30 °С – для кабелей с изоляцией и оболочками и композиций полипропилена, сополимеров и блоксополимеров пропилена;
 - минус 35 °С – для кабелей с изоляцией и оболочками из полиэтилена высокой плотности;
 - минус 40 °С – для кабелей с изоляцией и оболочками из термоэластопластов, фторопластов и резин на основе этиленпропиленового каучука, оболочками из резин на основе нитрильного каучука, свинца и его сплавов.

1.2.1.10 Требования надежности

Средний срок службы кабелей должен быть не менее пяти лет [1].

1.2.1.11 Требования к маркировке

Маркировка должна быть нанесена на маркировочную ленту с интервалом не более 0,5 м и содержать [1]:

- условное обозначение кабеля;
- наименование и/или товарный знак предприятия-изготовителя;
- марку или условное обозначение;
- обозначение технических условий;
- ГОСТ Р 51777-2001;
- Дату изготовления (месяц, год);
- Надпись: «Сделано в России»;
- Длину каждого отрезка кабеля в метрах;
- Массу (брутто) в килограммах;
- Порядковый номер барабана;

- Штамп (клеймо) технического контроля.

1.2.1.12 Упаковка

- Кабели должны поставляться на металлических барабанах упакованными деревянными или полимерными матами.
- Намотка кабеля на барабан должна быть ровной, без ослабления и перепутывания витков.
- Закрепление концов кабеля на барабанах должно обеспечивать сохранность кабеля при транспортировании.
- Паспорт качества на кабель должен быть помещен в водонепроницаемую упаковку и прикреплен внутри шейки барабана.
- Требования к упаковке материалов для ремонтных нужд и размещению перечня этих материалов в упаковке должны быть согласованы с заказчиком [1].

1.3 Обзор методов контроля и испытаний НПК

Основные виды испытаний НПК регламентируются ГОСТ 51777-2001. Чтобы проверить, соответствуют ли кабели указанным требованиям, назначаются следующие типы контрольных испытаний:

- Приемосдаточные
- Периодические
- Типовые

Приемосдаточные испытания

Кабели представлены для приема партиями. Для партии берут количество кабелей одинаковой марки, одновременно представленных для доставки, объемом от 1 до 50 единиц (барабанов).

Проверка строительных и конструкционных размеров. Проверка сопротивления изоляции. Проверка напряжения для определения тока утечки изоляции. Проверка полноты, маркировки и упаковки [1].

Периодические испытания

Проверка электрического сопротивления проводника. Испытание на изгиб. Испытание на раздавливание. Тест на утечку. Испытание на сопротивление низкотемпературному воздуху в статическом состоянии. Испытание на сопротивление изменениям температуры.

Испытание на устойчивость к изгибу при низкой температуре [1].

Типовые испытания

Испытания проводятся в соответствии с программой, утвержденной в процессе установки. Основываясь на результатах испытаний, составленных протоколом и актами, они принимают решение о возможности и целесообразности внесения изменений в техническую документацию.

Испытания на кабели для установок погружных электронасосов проводят по государственному стандарту ГОСТ Р 51777-2001. Основные испытания проводят на стойкость к механическим воздействиям, стойкость к внешним воздействующим факторам и проверку электрических параметров.

Основные электрические параметры:

- Электрическое сопротивление ТПЖ проверяют по ГОСТ 7229-76.
- Электрическое сопротивление изоляции основных жил готового кабеля проверяют по ГОСТ 3345-76. Электрическое сопротивление изоляции основных жил проверяют в воде после их выдержки в ней не менее 1 ч. Сопротивление изоляции должно быть не менее 2500 МОм на 1 км.
- Испытание напряжением изолированных жил проводят по ГОСТ 2990-78. Образец должен выдержать испытание напряжением не менее 5 мин.

Стойкость к механическим воздействиям

Кабели должны быть стойкими к изгибам при навивании на цилиндр диаметром, равным 15-кратному максимальному диаметру кабеля. Испытание

проводят изгибанием образца кабеля вокруг цилиндра на угол 360° . При этом не должно происходить раскрытия замков брони на кабеле.

Также кабели должны выдерживать раздавливающую нагрузку не менее 158 кН. Испытание на раздавливание проводят на образцах кабеля уложенных между двумя пластинами, установленными в гидравлическом прессе. Для определения момента замыкания между жилами или между жилами и броней используют контрольную аппаратуру.

Изолированные жилы кабелей должны быть продольно герметичны. Испытание на герметичность проводят на образце длиной 5 м. На одном из концов кабеля предварительно снимают броню и изолированные жилы поочередно подсоединяют к маслопроводу. Испытание проводят при давлении 0,1 МПа. Каждую жилы выдерживают под давлением в течении 2,5 часов. При этом на другом конце кабеля не должно быть следов масла.

Стойкость к внешним воздействующим факторам

Кабели для УЭЦН должны быть стойкими к воздействию смены температур от -60°C до длительно допустимой температуры нагрева жил. Образцы, свернутые в бухту, выдерживают в камере холода при -60°C . Затем переносят в камеру тепла при установленной длительно допустимой температуре нагрева жил. Образцы выдерживают при указанных температурах в каждой из камер не менее 3 часов. Проводится 3 цикла воздействия пониженной и повышенной температур. После последнего цикла образцы выдерживают в нормальных климатических условиях и испытывают напряжением в течении 5 минут.

Также кабели должны выдерживать изгибы вокруг роликов диаметром, равным 15-кратному диаметру кабеля, при температуре воздуха -40°C . Образец устанавливают в испытательное приспособление так, чтобы один из его концов был жестко закреплен, а сам образец был зафиксирован между роликами; длина свободного конца образца должна позволять его изгибание вокруг роликов. Приспособление с образцом помещают в камеру холода и

выдерживают при температуре $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ не менее 4 часов. После выдержки в камере холода образец подвергают трем циклам изгибов вокруг роликов в противоположных направлениях на угол не менее 90° в каждую сторону. За один цикл принимают изгиб вправо (влево), выпрямление, изгиб влево (вправо) и выпрямление. После последнего цикла изгибов образец выдерживают в нормальных климатических условиях не менее 3 ч, после чего испытывают напряжением в течении 5 минут [2].

Перечисленные методы испытаний позволяют оценить соответствие качества готового кабельного изделия. Данные методы испытаний являются обязательными при разработке технических условий на кабели, производстве кабелей на предприятиях-изготовителях и сертификации кабелей.

1.4 Выводы, постановка задач на исследование

Выводы:

1) Изоляция нефтепогружного кабеля – это основной элемент, обеспечивающий его функционирование. Для сохранения электроизоляционных свойств изоляции необходимо применять оболочку, которая будет обеспечивать защиту от воздействия эксплуатационных факторов.

2) Основной причиной отказа кабельной линии служит воздействие на него целого комплекса факторов, включая высокую температуру, химический состав окружающей среды, воздействие механических нагрузок. Все эти факторы приводят к повреждению или разрушению защитных покровов кабеля и как следствие к ухудшению электроизоляционных свойств изоляции.

3) В настоящее время актуальной задачей является разработка конструкций НПК с повышенной стойкостью к воздействующим нагрузкам. Это позволит продлить срок службы кабельной линии. Для этого, прежде всего, необходимо разрабатывать и применять новые полимерные материалы [3].

4) Проведение комплексной оценки влияния внешних факторов на изоляцию НПК позволит сделать обоснованный выбор в пользу одного из материалов из блоксополимера пропилена с этиленом наиболее стойкого к внешним воздействиям.

В то же время в технической литературе недостаточно информации о влиянии механических нагрузок и температуры деформации на свойства изоляции. Основными параметрами изоляции нефтепогружного кабеля являются ее электрические и механические свойства. В связи с этим анализ влияния теплового старения и механических напряжений на изоляцию нефтепогружных кабелей позволит решить задачу повышения надежности ее работы.

Задачи:

1) Отработать методику проведения испытаний по оценке стойкости полимерных материалов к действию эксплуатационных факторов характерных для работы нефтепогружного кабеля;

2) Определить критерии оценки применимости материалов;

3) Исследовать изменения электрических свойств полимерных материалов под действием агрессивной среды;

4) Разработать рекомендации по оценке влияния внешних факторов на изоляцию НПК.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- составление SWOT-анализа;
- планирование технико-конструкторских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта [12].

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

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

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

Методика проведения исследования:

Образцы нефтепогружного кабеля предварительно помещаются в камеру холода, где выдерживаются не менее 2 ч, после чего они подвергаются деформации (путем навивания на цилиндры различного диаметра). После того, как произведена подготовка образцов они помещаются в колбы, заливаются маслом (таким образом создается агрессивная среда, свойственная для кабелей, применяющихся в нефтяной промышленности) и выдерживаются при $T=110^{\circ}\text{C}$ в термошкафу заданное время (1, 3, 6, 10 и 30 суток). Затем проводятся испытания на определение пробивного напряжения на высоковольтной установке АИМ-90. В результате производится анализ и оценивается влияние внешних факторов на изоляцию нефтепогружных кабелей.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые стороны проекта, а также его возможности и угрозы.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

SWOT-анализ проводится в несколько этапов [12].

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

Второй этап выявляет соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогает определить степень необходимости проведения стратегических изменений. В пределах данного этапа следует построить интерактивную матрицу проекта. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4 – Результаты SWOT анализа

	Сильные стороны проекта: С1: Удовлетворение потребительских нужд (исследование необходимых параметров) С2: Возможность быстрых испытаний С3: Большой срок службы установки С4: Отсутствие шумовых признаков при работе на установке	Слабые стороны проекта: Сл1: Не всегда точны результаты измерений Сл2: Химически вредная среда при работе на установке Сл3: Необходимость квалифицированного персонала при работе на установке Сл4: Большие затраты на покупку установки
Возможности: В1: Увеличение производительности установки В2: Появление дополнительной автоматизированной	В1С1С3С4 В2С1С4С5 В3С5 В4С1С2С3С4С5	В1Сл3 В2Сл1Сл2Сл4 В3Сл2 В4Сл1Сл2Сл3

<p>системы управления</p> <p>В3: Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при работе на установке</p> <p>В4: Улучшение технологии производства</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на технологии производства</p> <p>У2. Ограничения на экспорт технологии</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции</p> <p>У4. Угрозы выхода из строя сложного энергоемкого оборудования</p>	<p>У1С3</p> <p>У2С1С4</p> <p>У3С5</p> <p>У4С1С2С3</p>	<p>У1Сл1Сл2</p> <p>У2Сл3Сл4</p> <p>У3Сл1Сл2</p> <p>У4Сл4</p>

Таблица 5 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	-	+	+	-
	В2	+	-	-	+	+
	В3	-	-	-	-	+
	В4	+	+	+	+	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	В1	-	-	+	-	
	В2	+	+	-	+	
	В3	-	+	-	-	
	В4	+	+	+	-	

Таблица 6 – Интерактивная матрица угроз

	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
Угрозы	У1	-	-	+	-	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	+	+	+	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	-
	У1	+	+	-	-	
	У2	-	-	+	+	
	У3	+	+	-	-	
	У4	-		-	+	

На основании SWOT-анализа можно сделать следующие выводы:

- Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблицах 7-9, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

В результате анализа было установлено, что технический проект имеет такие важные преимущества как высокая работоспособность, большой срок службы установки, отсутствие шумовых признаков, которые обеспечивают высокую производительность и экономичности процесса испытаний. Несмотря на это, имеет место сложность ремонта отдельных частей установки, которая приводит к большим затратам на поставку этих частей с заводов, что в свою очередь сопровождается большими затратами, чем ремонт на предприятии.

Главными факторами, влияющими на функциональную и бесперебойную работу предприятия, являются поставка материалов и обнаружение повреждений оборудования на начальных стадиях, когда замена частей агрегатов или ремонт не составляет значительных затрат [13].

4.2 Планирование научно-исследовательской разработки

4.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и инженер. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 7 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания (схем моделирования, проектирования)	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	Руководитель
	3	Выбор направления оптимизационной задачи	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ литературы по тематике	Инженер
	6	Изучение методики испытаний	
	7	Проведение испытаний	

	8	Сравнение результатов, полученных для разных материалов	
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации	10	Оценка надёжности полученных результатов	Руководитель
	11	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
Оформление отчёта по НИР	12	Составление пояснительной записки по проекту	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты в подавляющем числе случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важно определить трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{сек_i}$ используется следующая формула:

$$t_{сек_i} = \frac{3 \cdot t_{\min_i} + 2 \cdot t_{\max_i}}{5}$$

где $t_{сек_i}$ - ожидаемая трудоемкость i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Рассчитаем ожидаемое значение трудоёмкости для различных этапов:

$$t_{сек1} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек2} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{сек3} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{сек5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек6} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{сек7} = \frac{3 \cdot 30 + 2 \cdot 45}{5} = 36 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек8} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{сек9} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек10} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел.} - \text{дн};$$

$$t_{сек11} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел.} - \text{дн}; \quad t_{сек12} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел.} - \text{дн};$$

Исходя из ожидаемой трудоёмкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожci}}{Ч_i};$$

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

$t_{ожci}$ – ожидаемая трудоёмкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

При проектировании и разработки моделей все действия выполняются последовательно, соответственно продолжительность каждой работы будет равна $T_{pi} = t_{ожci}$ [13].

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Самым наглядным и удобным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, продолжительность каждого этапа работ из рабочих дней нужно перевести в календарные дни. Для этого следует воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} - продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} - продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ - количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ - количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ - количество праздничных дней в году.

Определим коэффициент календарности на 2020 год:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,472.$$

Тогда длительность первой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} = 3,8 \cdot 1,472 = 5,594 \approx 6 \text{ дн.}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе округлим до целого числа. Рассчитанные значения сводим в таблицу 14.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ (чел-дни)			Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$		
Составление и утверждение технического задания	3	5	3,8	3,8	6
Подбор и изучение материалов по теме, примерный план работ	3	8	6,2	6,2	9
Выбор направления оптимизационной задачи	1	3	1,8	1,8	3
Календарное планирование работ	1	2	1,4	1,4	2
Анализ литературы по тематике	6	8	6,8	6,8	10
Изучение методики испытаний	4	5	4,4	4,4	6
Проведение испытаний	30	45	36	36	53
Сравнение результатов, полученных двумя методами	4	6	4,8	4,8	7
Оценка эффективности полученных результатов	3	5	3,8	3,8	6
Оценка надёжности полученных результатов	5	8	6,2	6,2	9
Вопросы безопасности и экологичности проекта	1	3	1,8	1,8	3
Составление пояснительной записки по проекту	85	8	6,2	6,2	9

Основываясь на данных из таблицы, построим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта (таблица 15) [13].

Исходя из составленного календарного плана, с учетом вероятностного характера выполнения работ (благоприятный, неблагоприятный), продолжительность проектирования составляет 10 полных декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая первой декадой июня.

Далее, по диаграмме Ганта можно наглядно оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составит 123 дней, из которых 91 день – продолжительность выполнения работ инженером, а 35 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и достоверное отражение всех видов расходов, которые связаны с выполнением НТИ. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.2.5 Расчет материальных затрат

В материальные затраты включают дополнительные затраты на материал исследования, оборудование, канцелярские товары и т.д.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

$N_{расх\ i}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию (натур.ед.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./натур.ед.).

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Образец изолированной токопроводящей жилы	720	0,5	360
Масло (среда исследования)	1	1288	1288
Перчатки	1	30	30
Линейка	1	20	20
Ручка	1	15	15
Бумага	1	150	150
ИТОГО			1863

4.2.6 Расчёт затрат на оборудование

Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного научного проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений.

Амортизация основных средств рассчитывается по формуле:

$$A = ПС \cdot n ,$$

где A – месячная сумма амортизационных отчислений,

$ПС$ – первоначальная стоимость оборудования,

n - ежемесячная амортизации $\left(n = \frac{1}{СПИ} \right)$,

$СПИ$ – средняя продолжительность использования оборудования, в мес.

Для проведения исследования необходимы камера холода машина (срок службы 15 лет/180 месяцев), 3 климатических камеры (срок службы 10 лет/120

месяцев), установка для испытаний на электрический пробой (срок службы 10 лет/120 месяца).

$$ПС_1=300\,990 \text{ руб.}, 3 \cdot ПС_2=3 \cdot 677800 = 2033400 \text{ руб.}, ПС_3=200000 \text{ руб.}$$

$$n_1 = \frac{1}{180} = 0,0056, n_2 = \frac{1}{120} = 0,0083, n_3 = \frac{1}{120} = 0,0083.$$

$$A_1 = 300990 \cdot 0,0056 = 1685,54 \text{ руб.},$$

$$A_1 = 2033400 \cdot 0,0083 = 16877,22 \text{ руб.},$$

$$A_1 = 200000 \cdot 0,0083 = 1660 \text{ руб.},$$

$$\sum A = 1685,54 + 16877,22 + 1660 = 20222,76 \text{ руб.}$$

Так как исследование проводится 4 месяца, сумма амортизационных отчислений составит $4 \cdot 20222,76 = 80891,04$ руб.

4.2.6 Полная заработная плата исполнителей темы

Полная заработная плата включает основную и дополнительную заработную плату. Она определяется по следующей формуле:

$$Z_{полн} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата;

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Зарплата инженера определяется по формуле:

$$Z_{полн} = Z_{осн} + 0,12 \cdot Z_{осн}$$

Размер основной заработной платы определяется по формуле:

$$Z_{осн} = Z_0 \cdot T_p,$$

где Z_0 - среднедневная заработная плата;

T_p - суммарная продолжительность работ, выполняемая сотрудником.

Размер среднедневной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o},$$

где Z_m - месячный оклад научно-технического работника;

M - количество месяцев работы без отпуска ($M = 10,95$ для пятидневной рабочей недели и отпуске в 32 рабочих дней);

F_o - действительный годовой фонд научно-технического персонала (определяется за вычетом выходных, праздничных и больничных дней).

Месячный оклад научно-технического работника определяется по формуле:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p,$$

где Z_{TC} - заработная плата по тарифной ставке;

k_{np} - премиальный коэффициент, 0,3;

k_o - коэффициент доплат и надбавок, 0,15;

k_p - районный коэффициент (принимается для Сибирского региона – 1,3).

Размер заработной платы по тарифной ставке определяется по формуле:

$$Z_{TC} = T_{ci} \cdot k_T,$$

где T_{ci} - тарифная ставка работника;

k_T - тарифный коэффициент в зависимости от ставки.

С помощью вышеперечисленных формул найдём основную заработную плату руководителя НТИ (тарифная ставка – усредненное значение для работников кабельной промышленности):

$$Z_{TC} = T_{ci} \cdot k_T = 22000 \cdot 1,2 = 26400 \text{ руб.};$$

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_o) \cdot k_p = 26400 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 49764 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{49764 \cdot 10,95}{365 - 117} = 2197,24 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{д}} \cdot T_{\text{р}} = 2197,24 \cdot 35 = 76903,4 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + 0,12 \cdot Z_{\text{осн}} = 76903,4 + 0,12 \cdot 76903,4 = 86131,81 \text{ руб.}$$

Аналогично рассчитываем заработную плату инженера:

$$Z_{\text{ТС}} = T_{\text{с}} \cdot k_{\text{Т}} = 15000 \cdot 1 = 15000 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{ТС}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 15000 \cdot (1 + 0,3 + 0,15) \cdot 1,3 = 28275 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{он}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{28275 \cdot 10,95}{365 - 117} = 1248,43 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{д}} \cdot T_{\text{р}} = 1248,43 \cdot 91 = 113607,13 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + 0,12 \cdot Z_{\text{осн}} = 113607,13 + 0,12 \cdot 113607,13 = 127239,99 \text{ руб.}$$

4.2.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления в соответствии с законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС) – 2,9%, пенсионного фонда (ПФ) - 20%, медицинского страхования (ФФОМС) – 5,1% от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дон}}),$$

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

На основании пунктов 4-6 части 1 Федерального закона № 407-ФЗ от 01.12.2014 в 2020 году вводится суммарная ставка – 28 %.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{\text{внеб1}} = 0,28 \cdot 86131,81 = 24116,91 \text{ руб.}$$

$$Z_{внеб2} = 0,28 \cdot 127239,99 = 35627,19 \text{ руб.}$$

Расчёты заработной платы и отчисления во внебюджетные фонды сводим в Таблицу 17.

Таблица 11 – Размер заработной платы и величина отчисления во внебюджетные фонды

№	Сотрудник	T_{ci}	$Z_{ТС}$	Z_m	$Z_{дн}$	$Z_{осн}$	$Z_{доп}$	Z_n	$Z_{внеб}$
1	Руководитель	22000	26400	49764	2197,24	76903,4	9228,41	86131,81	24116,91
2	Инженер	15000	15000	28275	1248,43	113607,13	13632,86	127239,99	35627,19
ИТОГО								213371,8	59744,1

4.2.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, которые не включенные в предшествующие статьи расходов: ксерокопирование и печать материалов исследования, оплата электроэнергии, связи, почтовые и расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{накл} = Z_{проч} \cdot k_{нр} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) \cdot 0,16 = 43698,54 \text{ руб.},$$

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

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%.

4.2.9 Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта составляет основу для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку проекта.

Сумма затрат на проект приведены в таблице 18.

Таблица 12 – Сумма затрат на исследование по методу ДСК

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля, %
---------------------	-------------	---------

Материальные затраты	2 270,43	0,57
Амортизация основных средств	80 891,04	20,23
Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	213 371,80	53,3
Отчисления во внебюджетные фонды	59 744,10	15
Накладные расходы	43 698,54	10,9
ИТОГО	399 975,91	100

4.2.10 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности по формуле [13]:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

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

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

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

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

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

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

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

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 19.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1.Стойкость	0,2	5
2. Безопасность	0,22	5
3.Негорючесть	0,15	3
4.Эластичность	0,18	4
5.Дешевизна	0,10	3
6.Экологичность	0,15	5
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности технического проекта составит:

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

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы стойкости и безотказности позволяют судить о надежности используемого материала.

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

- В результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора научного исследования. Установлено, что

технический проект будет эффективным, так как влияние возможностей на сильные стороны научного исследования больше, чем на слабые;

- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителей;
- составление сметы научного исследования позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта в размере 414,241 тыс. рублей;
- оценка ресурсоэффективности исследования, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,32 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

5 Социальная ответственность

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения нормативных условий труда при работе в 071 (высоковольтный зал) аудитории 8 корпуса НИ ТПУ с установкой для испытаний на электрический пробой АИМ-90 в лабораторных условиях в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности и обеспечении безопасности работников при возникновении ЧС. Данная установка 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

На предприятиях, где эксплуатируется установка АИМ-90, согласно [14], установлена пятидневная рабочая неделя с двумя выходными, время начала и окончания работы, время перерывов работы, число смен в сутки, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, а для работников, режим рабочего времени, которых отличается от общих правил, установленных у данного работодателя - трудовым договором. Как правило, рабочая неделя составляет 40 часов.

Защита персональных данных работника также нормируется [13]. Работодатель несет ответственность за нарушение норм, регулирующих обработку и защиту персональных данных работника в соответствии с законодательством РФ.

Заработная плата каждого работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных настоящим [13]. Выплата заработной платы производится в денежной форме в валюте Российской Федерации (в рублях). В случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации о валютном регулировании и валютном контроле, выплата заработной платы может производиться в иностранной валюте.

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

Основные эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды излагаются в ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ [15]. Конструкция и расположение установки должна обеспечивать возможность удобства выполнения трудовых действий. Также в помещении с установкой должны быть допустимые показатели освещенности, климатические показатели, а также обеспечено надёжное заземление, обеспечены меры пожарной и химической безопасности [14].

5.2 Производственная безопасность

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

Возможные опасные и вредные факторы описывают в [16].

Работа установки АИМ-90 предполагает определение пробивного напряжения изоляции путем подачи на образцы высокого напряжения.

К вредным факторам, которые могут присутствовать при работе на установке АИМ-90, относятся факторы, приведенные в Таблице 20.

Таблица 14 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ					Нормативные документы
	Разрабо тка	Изготов ление	Эксплу атация			
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 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+			СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4.Повышенное значение напряжения в электрической цепи,				+		ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ.

замыкание которой может произойти через тело человека				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. Химические факторы			+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

5.2.2 Микроклимат

Показателями, в соответствии с [17], характеризующими микроклимат являются:

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

Данные показатели являются определяющими самочувствие рабочего персонала.

Согласно [17] необходимо поддерживать следующие оптимальные параметры климата (Таблица 21), обеспечивающие наибольшую вероятность сохранения здоровья и наибольшую производительность труда.

Таблица 15 – 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
Тёплый	Средней тяжести	17-19	15-21	40-60	<75	0,2	<0,4
Тёплый	Средней тяжести	20-22	16-27	40-60	<70	0,3	0,2-0,5

Для обеспечения нормального микроклимата предусматривается, в соответствии с [13], следующее:

- вентиляция приточно-вытяжная по [24] установка центробежных вентиляторов;
- установка систем местных отсосов по [24] для удаления вредных, пожароопасных и взрывоопасных веществ от мест их образования и выделения;
- установка систем воздушного отопления, совмещённых с вентиляцией;
- герметизация технологического оборудования.

5.2.3 Освещение

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормированных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с [25].

Рациональное освещение обеспечивает высокую производительность трудового процесса и качества работ, а также исключает возникновение дефектов зрения (спазм аккомодации, ложные близорукость и дальнозоркость). Так как в рассматриваемом цехе содержится множество станков с вращающимися механизмами необходимо избежать возникновения стробоскопического эффекта во избежание несчастных случаев на производстве.

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 [10]. Согласно им, в кабинете естественного освещения при комбинированном освещении составляет: КЕО=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 Защита от случайного прикосновения

Для исключения возможности случайного прикосновения или опасного приближения к токоведущим частям в цехах завода обеспечивается их недоступность путем ограждения, блокировок или расположения токоведущих частей на недоступную высоту [20].

Ограждения применяются как сплошные, в виде кожухов и крышек, применяемые в электроустановках до 1000 В, так и сетчатые, которые имеют двери, запирающиеся на замок.

В электроустановках до 1000 В ограждаются – неизолированные токоведущие части, находящиеся под напряжением части ЭД, пусковая аппаратура, открытые плавкие вставки.

В электроустановках выше 1000 В – все без исключения токоведущие части (изолированные и неизолированные) должны быть надежно ограждены сетками, закрыты металлическими дверями, заключены в металлические ящики или расположены на недоступной высоте.

В электроустановках, в которых часто производятся работы на ограждаемых токоведущих частях и электрических аппаратах, применяются

блокировки. Электрические блокировки осуществляют разрыв цепи специальными контактами, которые устанавливаются на дверях кожухов.

Блокировки применяются также для предупреждения ошибочных действий персонала при переключениях.

5.2.5 Защитное заземление

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т.п.).

Данные для расчёта заземления:

1. Заземление необходимо выполнить для установки, работающей под напряжением 380 В.

2. Для заземления используем трубы диаметром 4 мм и длиной 2,5 м и сталь полосовую 18х4 мм.

3. Заземлители расположены в ряд.

4. Характер грунта в месте установки заземления — глина. Заземлители установлены на глубину (от верхнего конца трубы) 17 см, а расстояние между трубами принимаем равной трём длинам заземлителей, т.е. $a=2$ м.

Верхние концы соединены с помощью полосовой стали. Определим, что для данного случая по нормам допускается сопротивление не более 4 Ом.

Удельное сопротивление глины составляет $\rho_T = 0,6 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Учитывая применение грунта зимой и просыхания его летом, определяем расчётные значения ρ_s и ρ_n при использовании трубчатых заземлителей соединительной полосы и соединительной полосы:

$$P_s = \rho_T \cdot k_s = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 1,9 = 1,14 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

где $k_s = 1,9$ – коэффициент для вертикальных электродов;

$$\rho_n = \rho_T \cdot k_n = 0,6 \cdot 10^4 \cdot 5 = 3 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см},$$

где $k_n = 5$ – коэффициент для горизонтальных электродов.

Определим величину сопротивлений одной забитой в землю трубы по выражению:

$$R_3 = \frac{\rho_3}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_m}{d} + 0,5 \cdot \frac{4 \cdot h_m + l_m}{4 \cdot h_m \cdot l_m} \right),$$

где h_m - глубина заземления, $h_m = 750$ см;

$$R_3 = \frac{1,14 \cdot 10^4}{6,28 \cdot 250} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 250}{0,4} + 0,5 \cdot \frac{750 + 250}{750 \cdot 250} \right) = 54,4 \text{ Ом}.$$

Определим число заземлителей:

$$n = \frac{R_3}{z} = \frac{54,4}{6} = 9 \text{ шт.}$$

Учитывая, что трубы соединены заземлительной полосой, которая выполняет роль заземлителя, уменьшаем число труб до 6 штук. Определим длину соединительной полосы:

$$l_m = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1) = 1,05 \cdot 2 \cdot (6 - 1) = 10,5 \text{ м},$$

где n - число заземлителей;

a - расстояние между заземлителями.

Размер резервуара 5x5 м, длина соединительной полосы вписывается в его размер.

Результирующее сопротивление (полосы и трубы) с учётом коэффициента использования труб $J_3 = 0,85$ и полосы $J_n = 0,86$ определяется по формуле:

$$R_n = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot J_n + R_n \cdot J_3 \cdot n} = \frac{54,4 \cdot 7,26}{54,4 \cdot 0,86 + 7,26 \cdot 0,85 \cdot 9} = 3,85 \text{ Ом}.$$

Данная величина удовлетворяет требованиям защитного заземления. Контроль заземления производится при приёме в эксплуатацию, а также периодически, в сроки, установленные правилами, при перекомпоновке оборудования и ремонте заземлителей.

Схема расположения устройства защитного заземления по отношению к резервуару показана на рисунке 21.

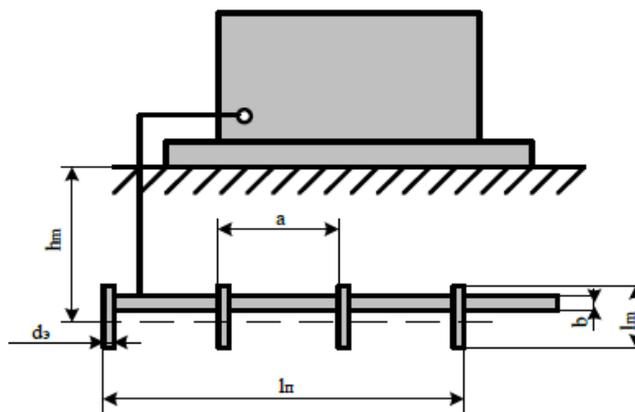


Рисунок 8 – Схема защитного заземления

В данном случае выполняем выносное заземление. Заземлители располагаются на некотором удалении от резервуара. Поэтому заземление корпуса находится вне поля растекания и человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли. Выносное заземление защищает за счёт малого сопротивления заземлителей [19].

5.2.7 Химические факторы

К химическим факторам при выполнении работ на установке для исследования является наличие азота в установке.

Азот относится к 4-му классу опасности вредных веществ – вещества малоопасные. В соответствии с [18] предельно допустимая концентрация (ПДК) азота в воздухе рабочей зоны более 10 мг/м³.

Для исключения превышения концентрации азота и других вредных веществ в воздухе рабочей зоны необходимо обеспечить достаточную

вентиляцию помещения, а также ограничить время пребывания в зоне контакта с газом. Иным способом является установка вытяжки, которая обеспечивает постоянное устранение вредных веществ.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

При работе с испытательными установками, в частности с климатической камерой, где нагреваются образцы возможно выделение токсичных веществ, которые представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды – влияние на атмосферу. Также установка работает в среде газообразного азота, который при превышении ПДК более 10 мг/м³ может представлять опасность для окружающей среды.

Фактором, влияющим на литосферу, является наличие твёрдых отходов. Отходы, в данном случае, образуются вследствие испытания полимерных материалов.

5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Для защиты окружающей среды от вредных газов и пыли необходимо применять вытяжную вентиляцию со специальной системой очистки воздуха.

Для твердых отходов, предусмотрены места хранения, и в конце смены они очищаются. При удалении отходов с территории предприятия им присваиваются категории опасности и вывозятся на соответствующие полигоны (промышленных отходов, токсичных отходов и т.д.).

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую

повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки.

К сфере защиты ОС и рационального использования природных ресурсов относится и экономия ресурсов, в частности, энергетических. Реальным вкладом здесь может стать экономия электрической и тепловой энергии на территории предприятия.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятная ЧС при работе с испытательной станцией является возникновение пожара.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

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 [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.



Рисунок 9 – План эвакуации при возникновении пожара в 070 аудитории 8 корпуса НИ ТПУ

Выводы по разделу

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 факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: вредные вещества, электрический ток, а также акустический шум. 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. В результате, были выявлены опасные и вредные факторы рабочего места, характеризующие процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой. Описано влияние этих факторов на организм человека. Кроме этого, были рассмотрены средства защиты от вредных и опасных факторов.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 51777-2001. Кабели для установок погружных электронасосов. Общие технические условия. М: Издательство стандартов, 2001.-17с.
2. Макиенко Г.П. Кабели и провода, применяемые в нефтегазовой индустрии. Пермь: Агенство «Стиль-МГ» 2004, 560с.
3. Фризен А.Н., Петров А.В. Журнал «Кабели и провода» /Свойства изоляции кабелей для питания погружных электронасосов добычи нефти и возможность прогнозирования их применения в условиях эксплуатации., 2007.
4. Агеев Ш.Р., Григорян Е.Е., Макиенко Г.П. Российские установки лопастных насосов для добычи нефти и их применение. Энциклопедический справочник. Пермь: ООО «Пресс-Мастер», 2007, 645с.
5. ГОСТ 22483 «Жилы токопроводящие для кабелей, проводов и шнуров»
6. Алиев И.И., Казанский С.Б. Кабельные изделия: Справочник. – М.: ИП РадиоСофт 2002. – 224 с., ил.
7. Месенжник, Я. З. Кабели для нефтегазовой промышленности. – Ташкент: Фан, 1972. – 435 с.
8. ГОСТ 6433.3-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрической прочности при переменном (частоты 50 Гц) и постоянном напряжении».
9. ГОСТ 15845-80 «Изделия кабельные. Термины и определения».
10. ГОСТ 2990-78 «Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением».
11. Каталог продукции АО «Сибкабель», 153с, 2012.
12. Кабель для нефтепогружных насосов АО «Росскат» [Электронный ресурс]: <https://www.rosskat.ru/products/neftyanoy-kabel/>
13. Кравченко Н.С. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме: учебное пособие

- /Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 88 с.
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
 15. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019)
 16. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
 17. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
 18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
 19. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
 20. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
 21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
 22. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
 23. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
 24. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

25. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
26. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
27. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
28. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
29. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.

Приложение А

Section 1. Literature review

Research on the influence of external factors on insulation of oil-submersible cables

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM86	Лихачёва Мария Андреевна		

Руководитель ВКР:

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

Консультант – лингвист отделения иностранных языков:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отд. иностранных языков	Воробьева Виктория Владимировна	кандидат филолог. наук		

Introduction

The Russian Federation is not only the largest country, but also one of the richest countries in terms of the presence of oil in its bowels.

The oil industry is an activity where a special approach to manufactured equipment is required. Depletion of surface oil reserves has led to the fact that the process of extracting raw materials occurs at a greater depth than previously, so it is necessary to use more durable equipment, including cables for the oil industry.

The operation of the cable for oil production takes place in severe conditions: high temperatures, high hydrostatic pressure, sharp temperature and pressure changes, oil products ingress, tensile loads, so they are subject to more stringent requirements.

At present, the issue of reliability the submersible cables is very urgent due to the increase of the depth of drilling wells up to 2000 – 3000 m. It is caused by the impact of the increasing temperatures (to 200 °C) and pressure (more than 100 MPas) on cable insulation. Therefore, when assessing the cable reliability it is necessary to consider such important operating conditions as temperature, pressure and sorption of reservoir liquid that have an impact on insulation material. There is a decrease of electric and mechanical properties of a material insulation caused by the influence of these factors. Key parameters of a submersible cable insulation are its electric and mechanical properties. Thus, the analysis of influence of thermal aging on electric properties of insulation of a wire of the submersible cables and possibility of the forecast of its operational properties is an urgent task The thorough consideration and analysis will allow to solve a problem concerning cable reliability [2].

Objective:

- 1) To develop the test procedure;
- 2) To define criteria for evaluating materials;
- 3) To investigate changes in electrical properties of polymer materials (in an aggressive environment);

4) To develop recommendations for assessing the impact of external factors on the insulation of oil-submersible cable.

The operating conditions and requirements that apply to oil-submersible cable

Cable lines for electric drive centrifugal pump installations are an important element that connects all types of equipment included in the installation during operation. Reliability of power supply for each element of the electric drive centrifugal pump is a necessary condition for its functioning. This important fact determines the increased requirements for the quality and reliability of the NPC. In turn, the reliability of the NPC, as well as any other product of the electrical industry, is determined by the operating conditions, the level and type of impacting loads [2].

According to the length of the electric drive centrifugal pump cable line, there are three areas with different working conditions:

1. Environment borehole (formation) fluids;
2. The air-gas environment;
3. Air.

In addition to the environment, oil-submersible cables insulation is affected by temperature, operating hydrostatic pressure, and OSB are subject to significant bending, torsional loads, as well as the effects of friction forces when lifting and lowering the system into the well.

The operating temperature during cable operation varies widely depending on the location of the well. Maximum T_{pa6} is observed in the wells of the Stavropol territory, Georgia, reaching 130 °C. In the regions of Western Siberia, the Maximum T_{pa6} is 70-90 °C. In most oilfield areas, the maximum operating temperatures at a depth of up to 2000 m do not exceed 90 °C. In addition to the factors described above, it is also necessary to take into account the increase in temperature of the

cable line due to the heat generated by the electric motor and the DT pump. In normal operating conditions, the DT can reach 20 °C. In emergency modes (failure of oil supply), the DT exceeds 40-50 °C, which leads to the melting of the insulation, followed by a short circuit between the cores. Therefore, the operating temperature should be understood as the temperature of the cable in contact with the engine [3].

The working environment in which the ESP cable lines are operated is oil, water and gas. The oil medium contains a certain amount of reservoir or associated water. The state of the medium in oil wells is determined by the dynamic level, i.e. the depth of the interface between the liquid and gaseous media in the operating mode. Usually, the dynamic level is small and the well in some fields is almost completely filled with liquid. Sometimes the dynamic level reaches 500-700 m or more, and this factor must be taken into account when operating ESP cable lines. In General, oil is a mixture of methane, naphthenic and aromatic hydrocarbons, and more often from methane-series hydrocarbons. For most types of oil, the carbon content ranges from 83 to 87%, and hydrogen-12-14% [2].

In General, it can be noted that cables for ESP are simultaneously exposed to mechanical loads and the aggressive environment of the reservoir liquid at elevated temperature and pressure. The intensity of these impacts lies within a wide range and has a decisive impact on the service life and performance of the NPC. A distinctive feature of the NPC operating conditions is the effect of reservoir fluid at elevated pressure and temperature.

Basic requirements for oil-submersible cables

Design requirement

The design dimensions of the cables must be recorded in the technical specifications for specific cable brands [1].

- 3) The table (text) of the main design dimensions of cables should include:
 - Type of cable;
 - Quantity and rated area of main cores, mm²;

- Quantity and rated area of control cores, mm²;
- Nominal insulation thickness, mm;
- Nominal diameter of insulated cores, mm;
- Maximum external cable sizes, mm.

When the layers are made of different materials, it is necessary to record the nominal thicknesses and diameters of each insulation layer.

Requirement for conductive core:

- Conductive core must be made of copper wire.
- Cores with rated area 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 mm² must match the class 1 or 2 GOST 22483 [1].
- Cores with rated area 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 и 2,5 mm² must match the class 2 GOST 22483.

Insulation requirements:

Insulation must be applied on top of the conductive core. The insulation must fit snugly to the core, its surface should not have cracks, dents and thickening.

- Plastic insulation and insulation is made from thermoelastoplast should be applied in two layers.
- The insulation layers must have different colors.
- Cable insulation cannot be repaired.

Requirement for cable sheath:

- The shell must fit snugly to the insulation.
- The cable sheath must fit snugly to the core, its surface should not have cracks, dents and thickening.
- The cable with rubber insulation must be coated.
- Cable sheath cannot be repaired.

Requirements for bandages:

- - The bandage should be tightly applied to the conductive core;
- Over twisted cores of round cables and flat cable cores, a marking tape must be laid.
- Marking tape material and its designations they must be resistant to mechanical influences and the influence of the external environment.

Requirements for bedding:

- The bedding must be tightly placed on the cable and easily separated from the insulation or core shells without damaging the insulation and shells;
- The bedding should not have cracks or pores. The absence of a cushion in cables with bandages on top is allowed insulation or core shells.

Requirements for the cable armour:

- On top of bedding, there should be an armor made of ribbons [1].
- The nominal dimensions of the ribbon are shown in the table 1 .

Table 16 – The nominal dimensions of the ribbon

Type of ribbon	Type of cable	Rated area of main cores, mm ²	The nominal dimensions of the ribbon, mm	
			Thickness	Width
Zinc-coated steel	Round cable	6 and 8	0,4	10-15
		10-50	0,5	10-15
	Flat cable	6 and 8	0,4	15-20
		10-50	0,5	15-20
Anticorrosion steel	Round cable	6 and 8	0,3	10-15
		10-50	0,4	10-15

	Flat cable	6 and 8	0,3	15-20
		10-50	0,4	15-20

- S-shaped (fig. 1, a) – for round cable;
- Anti-seize (fig. 1, bs) – for flat cable.



a



b

Figure 1 – Tape profiles when booking cables

The armor must be applied:

- Anti-seize - on round cables;
- With flashover 30-50% - on flat cables.

It is not allowed to diverge the turns of the armor.

Requirements for electrical parameters:

- Electrical resistance of core, must match:
- For cable with rated area 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 6; 8; 10; 16; 25; 35 и 50 mm² – GOST 22483;
- For cable with rated area 13,3 и 21,15 мм² – specified in the table 2.

Table 17

Rated area of core, mm ²	Electrical resistance of core at a length of 1 km T=20 °C, Ohm, no more than
13,3	1,400
21,15	0,863

- Electrical resistance insulation of the main cable cores, must be at least:
 - 2500 MOhm – for cables with plastic insulation and cables with thermoplastic insulation;
 - 500 MOhm – for cables with rubber insulation.
- Insulated main conductor and ready-made cables must withstand a DC voltage test for at least 5 minutes. Values of test voltage and creeping current must match those shown in table 3 [1].

Table 18

Rated voltage of cable, kV	Test voltage, kV	Creeping current of insulation, A, no more than, for cable	
		With plastic insulation and with thermoplastic insulation	With rubber insulation
3,3	18	1·10 ⁻⁵	5·10 ⁻⁵
4,0	20		
5,0	20		

Requirements for resistance to mechanical influences:

- Cables must be resistant to bending when wound on a cylinder with a diameter equal to 15 times the maximum cable diameter. The cables shall withstand the crush load, min:
 - 98 Kn – for cable with main cores having rated area 6 and 8 mm²;

- 158 КНн – for cable with main cores with all other values of the cross sections.

Requirements for resistance to external factors:

- Cables in static position must be resistant to air temperatures up to - 60 °C.
- Cables must pull out temperature differences between -60 and long-term permissible heating temperature.
- Cables must withstand bends a temperature:
 - -30 °C – for cables with insulation made from copolymers of propylene;
 - -35 °C – for cables with high density polyethylene insulation;
 - -40 °C – for cables with insulation made from thermoplastic elastomer, fluoroplastic and rubbers based on ethylene propylene rubber.

Reliability requirements:

The service life must be at least 5 years.

Marking requirements:

The marking must be applied to the marking tape every 0,5 meter and contain:

- Cable symbol;
- The name of the manufacturer;
- Brand or symbol;
- Designation of technical conditions;
- GOST R 51777-2001;
- Date of manufacture (month, year);
- Lettering: «Made in Russia»;
- Length of each segment in meters;
- Mass (gross) in kilograms;
- Sequential number of the drum;
- Stamp of technical control.

Packaging:

- Cables must be supplied on metal drums and must be packed with wooden or polymer mats.
- The ends of the cable must be well secured.
- Quality certificate for cable must be placed in a waterproof package [1].

Conclusion

1) Insulation of the oil-submersible cable is the main element that ensures the functioning of the cable. Insulation is needed to protect the cable from external factors.

2) The main reason for failure of cable lines is:

- exposure to high temperature;
- exposure to chemical composition of the environment;
- the effect of mechanical stress.

All these factors lead to the destruction of insulation and deterioration of electrical insulation properties.

4) In present time, the actual task is to develop structures of oil-submersible cable with good resistance to external factors.

This will extend the service life of the cable line. To achieve this goal it is necessary to develop and apply new polymer materials [3].

There is little information in the technical literature about the influence of external factors on cable insulation. The main parameters insulation of oil-submersible cable are its electrical and mechanical properties. Analysis to assess the impact to thermal aging on the insulation of oil-submersible cable, it will solve the problem of extend service life.

References

1. GOST R 51777-2001. Cable for installations of oil-submersible electric pumps. Technical requirement. M: Standards publishing house, 2001.-17p.
2. Ageev, Grigoryan, Makiyenko. Russian pump installations for oil production. Encyclopedic reference book. Perm: «Press-master», 2007, 645p.
3. Mesenich. Cable for the oil and gas industry. – Tashkent: 1972. – 435 p.