

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Развитие методов оценки технологических режимов надежной эксплуатации для подводных коллекторов нефтесборной системы»

УДК 622.692.4-224.7-027.45

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Лютиков И. Н.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Бурков П.В.	д.т.н, профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Черемискина М. С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А. В.	д.т.н, доцент		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ МАГИСТРА

Планируемые результаты обучения

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК22;
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20;
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК23
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23

	ответственность за результаты работы	
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК8; ПК-23

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ72	Лютикову Илье Николаевичу

Тема работы:

«Развитие методов оценки технологических режимов надежной эксплуатации для подводных коллекторов нефтесборной системы»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 11.02.2019 г. №1064/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования: Линейная часть трубопроводов подводных коллекторов нефтесборной системы</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Произвести анализ эффективности методов диагностики технического состояния. Изучить методы дополнительного диагностического контроля технологических объектов. Применить контрольные карты Шухарта для статистического анализа технологического процесса трубопровода. Произвести статистическую обработку данных и смоделировать прогнозируемые значения методом Монте-Карло.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Рисунки, таблицы</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Романюк В.Б., доцент, к.э.н.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина М. С., ассистент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>1. Литературный обзор</p>	
<p>2. Влияние изменения технологических параметров газопровода на показатели работы компрессорной станции</p>	
<p>3. Реконструкции компрессорных станций многониточных систем магистральных газопроводов с применением газоперекачивающих агрегатов увеличенной единичной мощности</p>	
<p>4. Социальная ответственность</p>	
<p>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	
<p>6. Список использованной литературы</p>	

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

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Профессор ОНД</p>	<p>Бурков П.В.</p>	<p>д.т.н, профессор</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2БМ72</p>	<p>Лютиков Илья Николаевич</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2БМ72	ФИО Лютикову Илье Николаевичу
------------------------	-----------------------------------------

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело / надежность газонефтепроводов и хранилищ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Линейная часть нефтепровода нефтесборного коллектора, и методы определения технического состояния
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

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.
2. Производственная безопасность:	<p>2.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаро-взрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);

	– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

Дата выдачи раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Лютиков Илья Николаевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ72	Лютикову Илье Николаевич

Школа	Природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оценка стоимости ресурсов на проведение мониторинга линейной части магистральных нефтепроводов.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет затрат и финансового результата реализации проекта по мониторингу линейной части магистральных нефтепроводов
2. Планирование и формирование бюджета мероприятий	Планирование видов и объемов работ, формирование кадрового состава, расчет основных статей расходов
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности при мониторинге линейной части магистральных нефтепроводов

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Расчетные формулы	
2. Таблицы	
3. График сравнения показателей	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Лютиков Илье Николаевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Уровень образования магистр
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года) _____

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23.05.2019
------------------------------------------	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2019	<i>Обзор литературы</i>	10
15.02.2019	<i>Общие сведения об объекте исследования</i>	10
01.03.2019	<i>Построение методики расчета</i>	15
22.03.2019	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
03.04.2019	<i>Социальная ответственность</i>	15
20.04.2019	<i>Приложение на иностранном языке</i>	15
28.04.2019	<i>Заключение</i>	5
20.05.2019	<i>Презентация</i>	15
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОНД	Бурков П.В.	д.т.н, профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А. В.	д.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация включает 87 страниц текстового материала, 19 рисунков, 18 таблиц, 46 источников.

Ключевые слова: диагностика, техническое состояния, методы неразрушающего контроля, контрольная карта Шухарта, метод Монте-Карло.

Объект исследования: Линейная часть трубопроводов подводных коллекторов нефтесборной системы.

Цель работы: Оперативно оптимизировать технологические параметры эксплуатации объекта с учетом многочисленных особенностей каждого участка системы.

В результаты исследования были произведены анализ эффективности методов диагностики технического состояния, изучены методы дополнительного диагностического контроля технологических объектов, применены контрольные карты Шухарта для статистического анализа технологического процесса трубопровода, произведена статистическая обработка данных и смоделированы прогнозируемые значения методом Монте-Карло.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Технология и организация выполнения работ, подготовительные работы, полевые работы, работы с системами неразрушающего контроля, методики расчета технического состояния технологических трубопроводов и.т.д.

Область применения: Нефте и газотранспортные предприятия.

Экономическая эффективность/значимость работы: Определение экономических затрат на установку объектов инженерной защиты трубопроводов.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нормативные ссылки

В работе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

7-ФЗ	Об охране окружающей среды
ГОСТ 20911-89	Техническая диагностика. Термины и определения
ГОСТ 12.1.003–83	ССБТ «Шум общие методы безопасности».
ГОСТ 27.002-89	Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения
ГОСТ 25275-82	Приборы для измерения вибрации вращающихся машин. Общие технические требования
ГОСТ 24450	Контроль неразрушающий. Магнитный. Термины и определения
ГОСТ 14782	Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
ГОСТ 23667	Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров
ГОСТ 12.1.004–91	Пожарная безопасность
ГОСТ 12.0.003–74	ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
ГОСТ 12.1.005-88	ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
ГОСТ 12.4.011-89	Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация

Определения

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Исправное состояние (исправность): состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической документации и(или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние: соответствие объекта, при котором он не соответствует хотя бы по одному из требований научно-технической документации.

Неработоспособное состояние (неработоспособность): состояние, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Отказ: событие, заключающееся в нарушении работоспособности.

Работоспособное состояние (работоспособность): состояние оборудования, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Обозначения и сокращения:

УЗК – ультразвуковой контроль;

НПС – нефтеперекачивающая станция;

ГОСТ – государственный стандарт;

НИР – научно-исследовательская работа;

СИЗ – средство индивидуальной защиты;

ССБТ – система стандартов безопасности труда;

ТУ – технические условия.

Оглавление

Введение.....	1
Обзор литературы.....	3
1. Методы разрушающего и неразрушающего контроля технического состояния трубопровода.....	6
1.1 Физический метод контроля технического состояния.....	6
1.1.1 Магнитные методы контроля технического состояния	7
1.1.2 Акустические методы контроля технического состояния.....	11
1.1.3 Вихретоковые методы контроля технического состояния	14
1.1.4 Радиоволновые методы контроля технического состояния.....	15
1.1.5 Методы проникающих излучений контроля технического состояния.....	16
1.1.6 Тепловые методы контроля технического состояния.....	17
1.1.7 Электрические методы контроля технического состояния	20
1.1.8 Оптические методы контроля технического состояния	21
2. Статистические методы обработки данных и способы их интерпретации..	23
2.1 Метод статистического моделирования и его применение	23
2.2 Общая схема метода Монте-Карло	26
2.3 Мониторинг состояния процесса с использованием контрольных карт Шухарта	27
3. Расчетная часть.....	29
3.1 Результаты статистической обработки показаний диагностических замеров толщин стенок линейной части нефтесборного коллектора.	29
3.2 Расчет остаточного ресурса трубопровода согласно ОСТ 153-39.4-010-2002.....	29
4. Социальная ответственность	30
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 48	
Заключение	56
Список использованной литературы.....	57

Введение

В настоящее время транспортировка углеводородного сырья, в большинстве случаев, реализуется за счет применения трубопроводного транспорта. Это обусловлено высокой эффективностью данного способа, поэтому на сегодняшний день трубопроводный транспорт широко распространён. Но ввиду огромной протяжённости нефте- и газопроводов стоит вопрос об обеспечении надежности и экономической эффективности транспортировки сырья. Одним из возможных решений этой задачи является контроль технологического состояния или мониторинг трубопроводного транспорта.

Контроль и оценка технологического состояния осуществляются диагностированием работоспособности и исправности технологического объекта. Высокая роль диагностики обусловлена следующими причинами: необходимостью повышения эффективности и экономичности эксплуатации оборудования, увеличением надежности функционирования трубопроводного транспорта и сокращение количества вывода технологического оборудования в капитальный ремонт. То есть, контроль технологического состояния линейной части нефте- или газопровода позволяет:

- расследовать причины возникновения дефектов или аварий;
- прогнозировать состояние объекта в будущем;
- снизить затраты на эксплуатацию оборудования;
- оперативно оптимизировать технологические параметры эксплуатации объекта с учетом многочисленных особенностей каждого участка системы.

Обеспечение безопасной и надежной эксплуатации магистральных нефте- и газопроводов являются важной и актуальной проблемой в связи с тем, что большое количество магистральных трубопроводов были построены в 1960-1980-х гг. За столь продолжительное время успело возникнуть множество дефектов стенок трубы и произошел износ основного оборудования транспорта нефти и газа

Целью работы является оперативно оптимизировать технологические параметры эксплуатации объекта с учетом многочисленных особенностей каждого участка системы.

Для того чтобы достичь поставленную цель были поставлены следующие *задачи*:

1. Обработать большой массив данных посредством моделирования прогнозируемых величин, и произвести их статистическую обработку методом Монте-Карло;

2. Разработать модели прогнозирования для определения характера изменения технического состояния нефтепровода с помощью построения контрольных карт Шухарта;

3. Произвести расчет остаточного ресурса трубопровода по минимальной вероятной толщине стенок труб и с учетом общего коррозионно-эрозионного износа стенок согласно ОСТ 153-39.4-010-2002.

Научная новизна заключается в том, что, впервые предложено использовать метод Монте-Карло для обработки результатов внутритрубной дефектоскопии и для моделирования прогнозируемых значений, позволяющие прогнозировать возникновения возможных дефектов.

Объектом исследования является участок линейной части нефтепровода нефтесборного коллектора.

Обзор литературы

В ходе написания данной диссертационной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, нормативно-техническая документация РФ, а также научные статьи. Вопросы обеспечения надежности технических систем рассматривались в работах О.В. Аралова «Основные положения разработки методологии оптимизации параметров жизненного цикла технологического оборудования», «Основные положения разработки методологии оптимизации параметров жизненного цикла средств и комплексов связи», И. Базовского «Надёжность. Теория и практика», Г.В. Веникова «Надёжность и проектирование», В.К. Дедкова «Надёжность и безопасность в технике», Ю.А. Ермолина «Надежность технических систем: учебное пособие», В.Е. Канарчукова «Основы надёжности машин», А.М. Климова «Надёжность технологического оборудования: учебное пособие», Г.Б. Лялькина «Надёжность технических систем и техногенный риск. Часть 1. Надёжность технических систем: учебное пособие», А.М. Половко «Основы теории надёжности», А.А. Рыжкина «Основы теории надёжности: учебное пособие», О.Н. Хомяк «Расчёты надёжности элементов машин при проектировании». В выше перечисленных источниках глубоко рассмотрены вопросы обеспечения стабильной работы технических систем и их виды отказов.

Обеспечении надежности оборудования, эксплуатируемого в магистральном трубопроводном транспорте, были рассмотрены в работах О.В. Аралова «Анализ методов и подходов к оценке надежности при прогнозировании отказов оборудования магистрального трубопроводного транспорта», «Анализ состава систем измерений количества нефти и нефтепродуктов» «Исследование методов расчета кинематической вязкости нефти в магистральном нефтепроводе», «Коррозионная активность растворов пенообразователей», «Методологические основы управления качеством продукции с применением механизма оценки соответствия в магистральном трубопроводном транспорте», «Повышение надежности оборудования

магистральных нефтепроводов», А. И. Владимировой «Промышленная безопасность и надёжность магистральных трубопроводов», С.В. Дейнеко «Обеспечение надёжности систем трубопроводного транспорта нефти и газа», А.М. Зинекича «Развитие научных основ надёжности трубопроводов», А.А. Коршака «Обеспечение надёжности магистральных трубопроводов», Ю.В. Лисина «Разработка инновационных технологий обеспечения надёжности магистрального нефтепроводного транспорта», А.А. Сарвина «Диагностика и надёжность автоматизированных систем управления», В.А. Сорока «Надёжность оборудования после модернизации и капремонта до 95%», Ю.А. Теплинского «Управление эксплуатационной надёжностью магистральных газопроводов». В данных работах рассмотрены вопросы надёжной эксплуатации магистральных трубопроводов и технологического оборудования, позволяющие прогнозировать состояние линейной части и контролировать их, рассчитывать оптимальные технологические параметры транспортируемой среды, для обеспечения надёжной эксплуатации трубопроводов и прилегающего оборудования.

Теория вероятностно-статистических методов анализа к прогнозированию отказов оборудования приведена в работах В.А. Ватутина «Теория вероятностей и математическая статистика в задачах», В.Г. Воробьева «Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования», ГОСТ Р 50779.27-2017 «Статистические методы. Распределение Вейбулла. Анализ данных», И.И. Елисеевой «Общая теория статистики: учебник», В.Ю. Королева «Вероятностно-статистический анализ хаотических процессов с помощью смешанных гауссовских моделей. Декомпозиция волатильности финансовых индексов и турбулентной плазмы», В.Г. Лисиенко «Моделирование сложных вероятностных систем: учебное пособие», Н.С. Стрелецкого «Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности сооружений», В.Е. Сыцко «Основы стандартизации и сертификации товарной продукции», Dinesh Kumar U. «Tutorials on Life Cycle Costing and Reliability Engineering. Course Material», Wackerly D. «Mendenhall

W., Scheaffer R.L. Mathematical Statistics with Applications», О.В. Аралова «Анализ системы стандартизации в области измерений количества нефти и нефтепродуктов», «Корреляционная модель прогнозирования отказов нефтеперекачивающих агрегатов», «Методический аппарат по прогнозной оценке аварийности использования СИКН», «Разработка методологического аппарата по определению вероятности появления дефекта оборудования при его производстве на основе метода линейно-динамического программирования», «Разработка методологического аппарата по определению характера возникновения дефекта».

1. Методы разрушающего и неразрушающего контроля технического состояния трубопровода

Для обеспечения надежной и бесперебойной эксплуатации трубопроводов необходимо контролировать их техническое состояние. Контроль технического состояния реализуется за счет проведения технического диагностирования трубопровода, выявления дефектов по результатам диагностирования и за счет расчета остаточного ресурса трубопровода.

Метод разрушающего контроля подразумевает периодические и предпусковые испытания, и механические испытания металлических элементов испытуемого трубопровода. Что касается методов неразрушающего контроля, то они подразумевают использования физических методов диагностирования, которые никак не влияют на работу трубопровода.

1.1 Физический метод контроля технического состояния

Неразрушающий контроль проявляется в проведении наблюдения, регистрации результатов взаимодействия воздействующих факторов с объектом проведения технического диагностирования и дальнейший анализ полученных результатов. Характер взаимодействия зависит от физико-химических диагностируемого объекта, а также от его строения. Методы неразрушающего контроля и есть физические методы. Они основаны на регистрации изменения физических и эксплуатационных характеристик объекта в течении его постоянной работы. К данным характеристикам относятся напряженно-деформированное состояние трубопровода, коррозионно-эрозионный износ стенок трубопровода, нагрев стенок трубы, а так же шумы и электрические поля.

На рисунке 1 представлены виды неразрушающего контроля.



Рисунок 1 – Виды неразрушающего контроля

1.1.1 Магнитные методы контроля технического состояния

Данный метод основан на концентрации неравномерного изменения магнитного поля в ферромагнитных материалах (сплавы железа, сталь, кобальт и др.) определяющие нарушение сплошности диагностируемого объекта. Неравномерное изменение магнитного поля называют полем рассеяния. Сущность этого физического явления описывается следующим образом. При помещении контролируемого объекта в магнитное поле, он должен намагничиваться. Степень, с которой контролируемый объект намагничивается называется магнитной проницаемостью.

При протекании магнитного потока по намагниченному контролируемому объекту, при отсутствии наличия дефектов или неоднородности материала, магнитные линии не искажаются. Но при присутствии наличия дефекта, т.е. участка с пониженной магнитной проницаемостью, магнитные линии стремятся обогнуть их, тем самым меняют свое направление. В следствии, вокруг границ дефекта возникают магнитные поля рассеивания. Главная цель метода заключается в том, чтобы зафиксировать их.

На рисунке 2 представлена схема реализации данного метода.

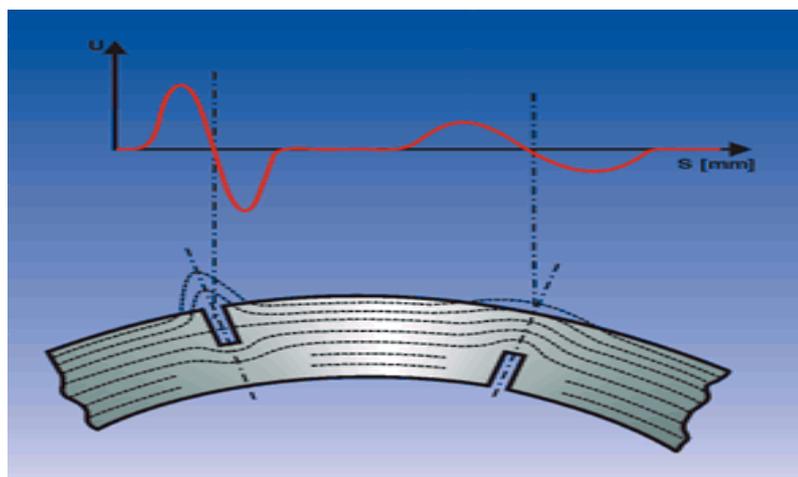


Рисунок 2 – Схема работы метода магнитного контроля

Магнитные методы не способны выявлять глубокозалегающие подповерхностные дефекты. Их область применения заключается в определении дефектов глубинной до 3 мм. В основном это трещиноподобные дефекты такие как: пористость, непровары, расслоения, надрывов, закатов и т.д. Данный метод так же способен исследовать структуру металла.

Поля магнитного рассеивания определяются и регистрируются следующими методами.

Магнитопорошковый метод

Данный метод заключается в регистрации магнитных полей рассеивания с помощью ферромагнитного порошка. Ферромагнитный порошок взвешивается либо в жидкости (керосин, масло, вода), либо в воздухе (в сухом виде). При поступлении ферромагнитного порошка на намагниченную деталь, он дислоцируется вокруг места наибольшей плотности силовых магнитных линий, т.е. к дефекту. Магнитные частицы порошка располагаются вокруг полюсов магнитного рассеивания и формируются в виде валика скопивших частиц, которые определяют месторасположения дефекта. Благодаря данному методу возможно выявить форму и протяженность дефекта, т.к. ширина валика больше фактической ширины дефекта.

Существуют огромное множество ферромагнитных порошков (окрашенные, люминесцентные), позволяющие лучше и наглядней выявлять

дефекты, которые имеют меньшее поле рассеивания магнитных частиц. Принцип работы магнитопорошкового метода представлен на рисунке 3.

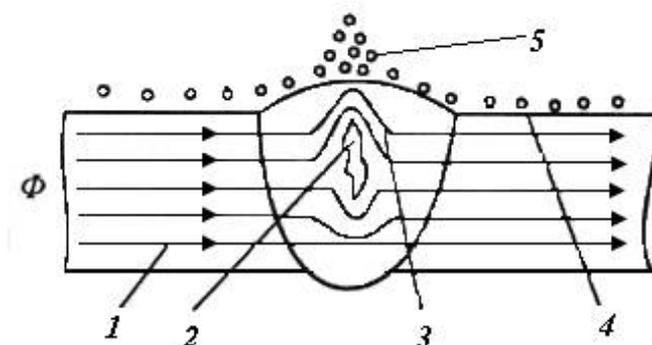


Рисунок 3 - Принцип работы магнитопорошкового метода:

1 – магнитное поле; 2 – дефект; 3 – искажение магнитного поля; 4 – магнитная суспензия; 5 – скопление частиц.

Магнитоферрозондовый метод

Главным принципом в этом методе является измерение полей магнитного рассеивания от границ дефекта с помощью феррозондов (датчики чувствительные к воздействию магнитных полей).

На рисунке 4 представлен простейший стержневой феррозондовый датчик.

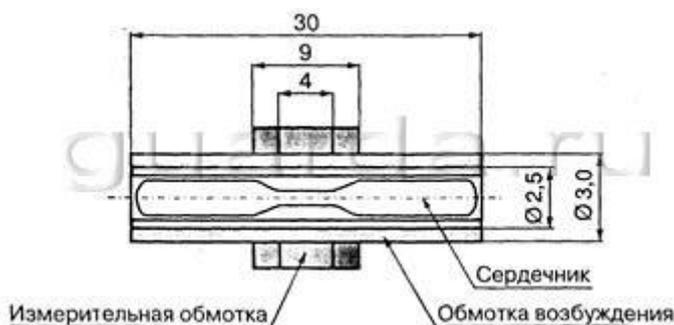


Рисунок 4 – Простейший стержневой феррозондовый датчик

Феррозондовый датчик состоит из двух одинаковых полузондов – это пермаллоевый сердечник с двумя катушками. У него переменное по длине

сечение, в местах измерительной обмотки и обмотки возбуждения сечение сердечника уменьшается примерно в 10 раз. Это обусловлено тем, что при относительно большой длине обеспечивается большая магнитная проницаемость. Одна из катушек электризуется для создания переменного магнитного поля, другая для измерения электродвижущей силы. Конструкция феррозонда определена таким образом, что при нахождении сердечника в области магнитного поля катушки возбуждения, выходное напряжение равно нулю. Если же датчик помещается в магнитное поле исследуемого объекта, то изменение магнитного поля, вызванное перемагничиванием сердечника, индицируется в сигнальной катушке ЭДС.

Магнитографический метод

Данный метод проявляется в намагничивании контролируемой зоны вместе с наложенной по поверхности лентой эластичного магнитоносителя. На ней в месте расположения дефектов в виде остаточной намагниченности определяются поля магнитного рассеивания. После с помощью воспроизводящей головки воспроизводятся запись остаточной намагниченности в местах расположения дефектов. Данная запись называется магнитограммой. Во время ее воспроизведения с помощью воспроизводящей головки, на экране дефектоскопа видимое изображение дефекта или импульсы с определённой формой и амплитудой, характеризующие размер и вид дефекта.

Магнитографический метод достаточно эффективен для определения дефектов сварных швов. Так же результативность этого метода будет обеспечена при диагностике сварных соединений толщиной от 1 до 16 мм.

На рисунке 5 представлен принцип действия магнитографического дефектоскопа.

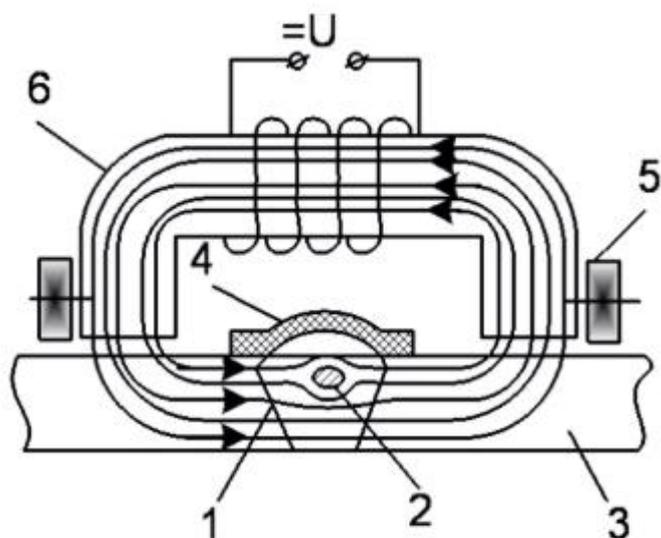


Рисунок 5 - Принцип действия магнитографического дефектоскопа:

1 – сварной шов; 2 – дефект; 3 – деталь; 4 – магнитная лента; 5 – ролики; 6 – электромагнит.

1.1.2 Акустические методы контроля технического состояния

Главным образом акустический метод реализуется за счет регистрации величины упругих колебаний при их взаимодействии с объектом. Состояние упругой среды характеризуется параметрами упругих колебаний. При воздействии акустическими волнами на контролируемый объект возникают колебания частичек упругой среды относительно своего равновесного положения. Скорость распространения колебаний зависит от определенных свойств материала.

Данный метод контроля технического состояния применим для обнаружения дефектов для любых материалов. Так же, с помощью акустического контроля возможно определение толщины металла, сплошности материала, качества соединений, дефектов на поверхности и толщине стенок труб и т.п.

Акустический метод делится на пассивный и активный.

Активный

Производится излучение и обратный прием акустических волн. Область применения данного способа лежит только в определении дефекта на локализованной площади. Активные методы подразделяются на методы отражения, комбинирование и прохождения. Которые в свою очередь имеют дополнительные подразделения.

На рисунке 6 представлены активные методы акустического контроля.



Рисунок 6 – Активные методы акустического контроля

Пассивный

Производится только прием акустических волн. Пассивные методы подразделяются на следующие методы представленные на рисунке 7.



Рисунок 7 – Пассивные методы акустического контроля

В зависимости от вида акустического метода (ультразвуковая дефектоскопия, акустическая эмиссия) информативными признаками являются: плотность сигналов, фаза, время распространения сигнала, амплитуда сигнала, частота и т.д.

При контроле технического состояния ультразвуковыми волнами диапазон их частот составляет от 1,25 до 10 МГц, длина волны составляет 1 мкм. В зависимости от направлений колебаний частиц различают продольные, сдвиговые (поперечные) и поверхностные волны (волны Рэлея) (рис.8).

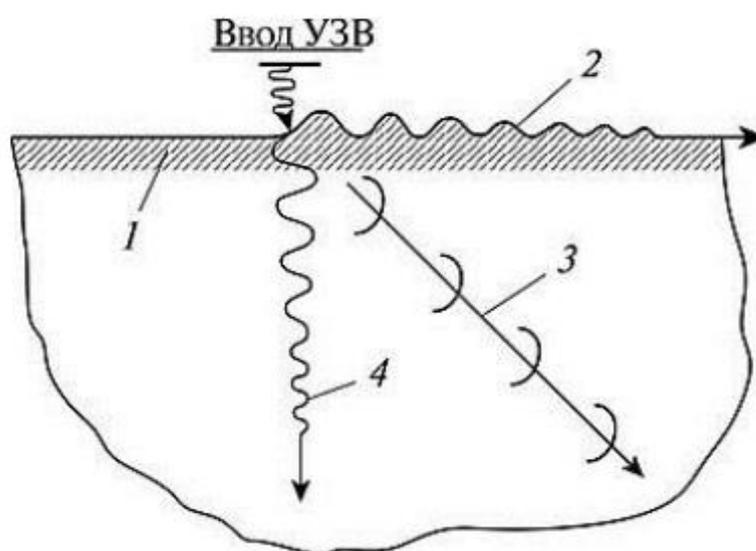


Рисунок 8 – Виды ультразвуковых волн:

1 – контролируемый материал; 2 – поверхностные (волны Рэлея); 3 – поперечные (сдвиговые); 4 – продольные.

Продольные волны – колебание частиц совпадает с направлением распространения волны. Эти волны имеют распространение в твердых, жидких и газообразных телах.

Сдвиговые волны – направление колебания перпендикулярно распространению волны. Эти волны имеют распространение только лишь в твердых упругих телах.

Волны Рэлея возбуждаются на однородной поверхности твердого тела. Они локализируются в поверхностном слое толщиной равной их длине волны. Если рассматривать распространения волн Рэлея на тонкостенной оболочке, то данные волны могут перейти в волны Лэмба (нормальные волны).

На рисунке 9 представлен принцип формирования ультразвуковых волн.

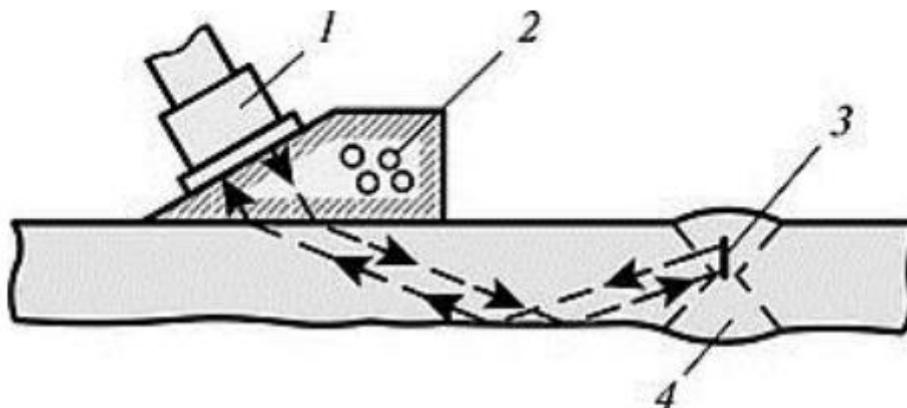


Рисунок 9 - Принцип формирования ультразвуковых волн:
1 – преобразователь; 2 – отверстия, заполненные поглощающим ультразвуком материалом; 3 – дефект; 4 – сварной шов.

1.1.3 Вихретоковые методы контроля технического состояния

Главным назначением данного метода является контроль качества и физических свойств контролируемого объекта, изготовленного из материалов являющимися проводниками электрического тока.

В основе метода лежит взаимодействие внешнего поля, полученного от вихретокового преобразователя и полей вихретоковых токов, полученного от индуктивной катушки в объекте контроля.

В электромагнитном объекте возможно возникновение частот величиной до 1 млн. Гц.

Методы вихретокового контроля:

1. Метод отраженного излучения (эхо-метод);
2. Метод рассеянного излучения.

Главной задачей тут является регистрация отраженных, рассеянных волн исходящих от дефекта.

На рисунке 10 схема принципа действия метода вихретокового контроля.

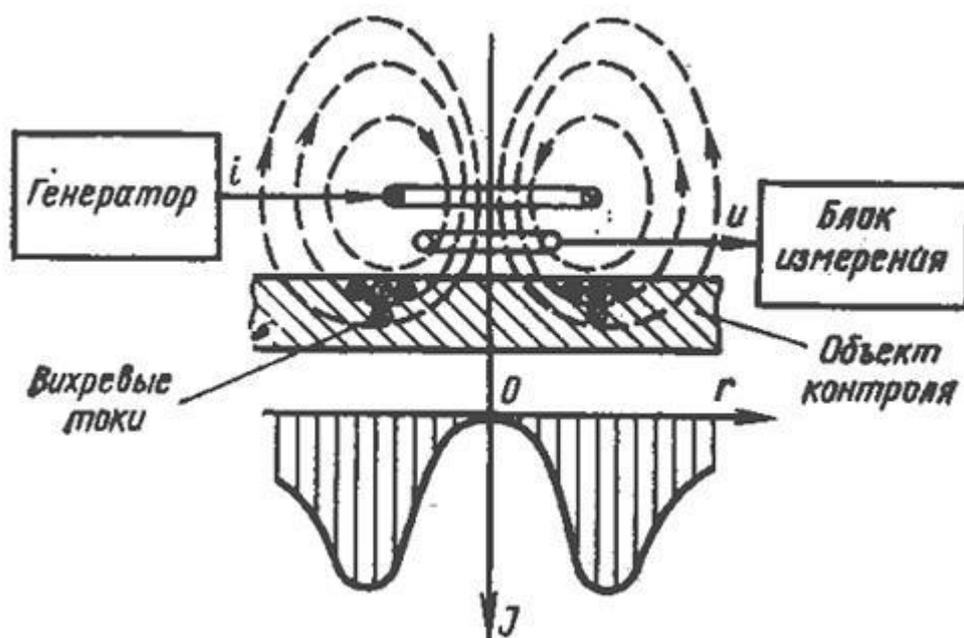


Рисунок 10 – Схема принципа действия метода вихретокового контроля.

Генератор вихревые токи вокруг объекта контроля. Параллельно этому процессу происходит регистрация блоком измерения интенсивности распределения излучаемых генератором волн. На основе полученных данных выявляют дефекты и дают характеристику объекту.

1.1.4 Радиоволновые методы контроля технического состояния

Данный метод реализуется за счет регистрации изменения характеристик сверхвысокочастотных электромагнитных волн, прошедших сквозь диэлектрик малой толщины.

1.1.5 Методы проникающих излучений контроля технического состояния

В методе проникающих излучений является главным регистрацией взаимодействия проникающего излучения с контролируемым объектом. Для решения задач дефектоскопии используются специальные ионизирующие излучения, сопровождающимися электромагнитными колебаниями с короткой волной. Проходя через вещество, происходит образование свободных электронов и положительно и отрицательно заряженных ионов. Таким образом происходит ионизация вещества. Ионизирующие излучения способны проникнуть сквозь слои вещества достаточно большой толщины. Однако, в зависимости от свойств среды возможна потеря интенсивности электромагнитных волн, т.к. все-таки присутствует процент поглощённых лучей, т.е. степень поглощения.

Эта величина зависит от интенсивности излучения, свойств, плотности и рода материала, а также от толщины материала, сквозь которого проходит излучение. Соответственно, чем толще просвечиваемый материал, тем больше будет ослаблен (поглощен) поток излучаемых лучей. Так же если материал неоднороден и имеет разную толщину на разных участках, то интенсивность излученных лучей будет так же меньше там, где толщина или плотность материала больше.

В большинстве случаев используются всего лишь два вида излучений: это гамма-излучение и рентгеновское излучение. В основе их природы возникновения лежат принципиальные различия между ними. Гамма излучение возникает при переходе ядра атома неустойчивого изотопа из одного энергетического состояния в другое. Рентгеновское излучения является результатом торможения электронов, летящих на вольфрамовое зеркало анода рентгеновской трубки.

От вида получения конечных результатов различаются существующие методы гама и рентгеновской дефектоскопии:

- радиометрический (основан на измерении гальванометром величины тока ионизационной камеры, внутри которой находится контролируемый объект на которое подается излучение);

- радиоскопический (с выявленным изображением на электролюминесцентном экране);

- радиографический (с выявленным изображением на рентгеновской пленке, которое после анализируется контроллером).

Среди данных методом самым распространённым является радиографический метод в виду того, что он более чувствителен к определению дефектов, и он воспроизводит результаты посредством рентгенограммы.

1.1.6 Тепловые методы контроля технического состояния

Основание данного метода заключается в проведении анализа инфракрасного (теплового) излучения всего объекта или его деталей и элементов. Изделие находящиеся в исправном (работоспособном состоянии) имеет характерную картину теплового излучения. За счет изменения ее поведения можно диагностировать техническое состояния всего объекта в целом или составных его частей, деталей.

Тепловые методы контроля технического состояния разделяют на активные и пассивные методы. В активном методе происходит анализ инфракрасного излучения контролируемого объекта в процессе его нагревания источником теплового излучения. В пассивном происходит анализ объекта в процессе природного возникновения излучения.

Увеличение интенсивности инфракрасного излучения элемента контролируемого объекта говорит об локальных тепловых перегревах, сигнализирующих об наличии возможных дефектов. Их регистрация производится множеством приборов и датчиков, начиная с термометра и заканчивая тепловизором. Тепловые методы неразрушающего контроля по

способу измерения теплового излучения подразделяются на контактные и неконтактные.

Измерение с помощью датчиков контактирующих с измеряемой средой есть контактные методы. Т.е. в основном это измерения с помощью термопар, температурночувствительных красок и жидкокристаллических соединений. Измерения интенсивности теплового излучения с помощью термопар к сожалению, позволяет производить измерения только лишь локальных, точечных участках. Измерение с помощью температурночувствительных красок очень удобно, но данный метод характеризуется необратимостью процессов, что не всегда желательно. Использование жидкокристаллических соединений способно определять изменения температур с точность 0,1 °С. Диапазон измерения данного метода лежит от +10 до +100 °С.

Сущность неконтактного способа измерения характеристик инфракрасного поля заключается в регистрации изменения электромагнитной энергии тела, которая пропорциональна величине ее тепловому излучению. Существуют методы с последовательной и с одновременной регистрацией инфракрасного излучения. Что касается последовательной регистрации теплового излучения, в данном способе инфракрасное излучение преобразуется в электрический сигнал, который после усиливается и регистрируется на регистрирующем устройстве. Инфракрасные излучения регистрируются тепловизорами, радиометрами и другими устройствами.

Значимыми техническими параметрами регистрирующих измерения устройств являются:

- порог чувствительности (минимальное значение обнаружимого теплового потока);
- инерционность (определяется постоянной времени приемника);
- значение выходного сигнала отнесенное к единице потока падающего излучения.

Порог чувствительности:

$$P_{\min} = \frac{ES_{\Pi}}{V_c / V_w \Delta f}, \quad (1)$$

где E - плотность подающего на приемник излучения, Вт/см²;

S_{Π} – площадь приемника, см²;

V_c / V_w – отношение выходного сигнала к тепловому шуму;

Δf – частота излучения, Гц.

Как правило производят измерения порога чувствительности приемника при воздействии на него излучением чёрного тела температурой +300 °С и +100 °С для неохлаждаемых и охлаждаемых приемников соответственно.

Тепловой метод особенно хорошо подходит для диагностирования мест соприкосновения деталей машин, электронных устройств, полупроводниковой техники.

Как правило в местах работы узлов подвижных соединений часто возникает повышенный нагрев элементов. Это могут быть различные силовые электрические контакты, подшипники, механические передачи и т.п. Наиболее опасными элементами для нагрева являются электрические соединения в электродвигателях.

Развитие теплового метода обусловлено созданием новых измерительных приборов, устройств и методов измерения. В настоящее время для решения задач диагностирования достаточно широко распространена тепловизионная аппаратура. Принцип ее работы основан на сканировании поверхности объектом инфракрасным сигналом, приёме его, усилении и интерпретации результатов. В основном тепловизионная аппаратура применяется при диагностике вращающегося объекта, для обнаружения дефектов в местах трения, при диагностике напряженно-деформированного состояния металла, при диагностике электрических устройств, для обнаружения недостаточного электрического контакта, при диагностике изоляции.

Для проведения термодиагностических обследований используются малогабаритные тепловизоры. Данные устройств имеет высокий класс точности измерений (до сотых долей градуса), хорошо применимы для диагностики не только силовых электронных устройств, но и для низковольтных электрических исполнений. Основным недостатком применения тепловизоров является то, что на обработку данных требуется достаточно большое количество времени. Что касается экономической целесообразности использования термодиагностики, то данный метод лучше использовать для диагностики труднодоступных и мест, и мест возможного возникновения опасных дефектов. Цена данных приборов сопоставима с ценой средств вибродиагностики.

1.1.7 Электрические методы контроля технического состояния

Основной принцип данного метода — это регистрация и анализ электрических свойств электромагнитного поля в реальном времени. При проведении диагностики электрическим методом контроля технического состояния необходимо:

- непосредственное воздействие с диагностируемым объектом;
- регистрация прибором электрических полей, возникающих в объекте в результате внешнего на него воздействия.

Основными параметрами для регистрации свойств электрических полей являются электрический потенциал и ёмкость.

Одним из способов реализации электрического метода является электропотенциальный метод, основанный на регистрации изменения величины электрического потенциала.

Принцип работы метода:

- необходимо обеспечить электрическим напряжением исследуемый объект;

- после, появляется электрическое поле, где точки с одинаковым электрическим потенциалом образуют эквипотенциальные линии;

- значение силы напряжения уменьшается в местах дислокации дефектов или повреждений;

- происходит измерение значения силы напряжения с помощью электродов и по полученным данным дают оценку о размере и параметрах дефекта.

На рисунке 11 представлена схема принципа действия эквипотенциального метода.

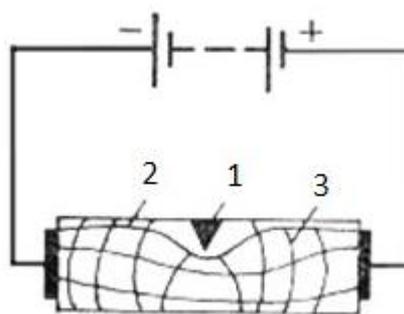


Рисунок 11 – Схема принципа действия эквипотенциального метода:

1 –дефект; 2 – линия тока; 3 –эквипотенциальные линии.

1.1.8 Оптические методы контроля технического состояния

Данный метод применяется для диагностики открытых поверхностей и направлен на идентификацию дефектов поверхностного типа и размер которых достаточно велик. Эффективность обнаружения дефектом оптическим методом напрямую зависит от характера обследуемой поверхности объекта, от уровня освещённости и контраста между фоном и объектом. Ввиду физиологических причин таких, как утомляется, потеря концентрации и т.п. визуальный метод достаточно неточен. К тому же физиологические возможности человека ограничены и зрение не всегда способно достоверно передать достоверную информацию. Исходя из вышеперечисленных причин оптический метод применяется только для

обнаружения дефектов больших размеров. Существует возможность для улучшения зрения использовать специальные оптические устройства. Это решение повышает точность оптического метода и с его помощью возможно разглядеть дефекты относительно маленького размера.

Оптический метод сопряженный с применением оптических устройств называют оптико-визуальным. Данный метод также используется для выявления поверхностных дефектов и осмотра различных диагностируемых технологических объектов. Метод базируется на физическом законе преломления и отражения света сквозь оптическое устройство, и его взаимодействие с диагностируемым объектом. Но также оптико-визуальный контроль достаточно неточен ввиду физиологических возможностей человека. Вследствие он используется для диагностики поверхностных дефектов, осмотра технологических объектов.

2. Статистические методы обработки данных и способы их интерпретации

Экспериментальное изучение сложных случайных явлений часто требует слишком большой ресурс средств и времени, а иногда оно принципиально невозможно. Например, экспериментальное исследование функционирования сложной системы недостижимо до тех пор, пока система не построена и/или не произведена. Поэтому для ее изучения необходимо еще на стадии проектирования системы исследовать все ее главные особенности, например, эффективность ее функционирования с учетом всех действующих на нее случайных возмущений. В подобных случаях применяют статистическое моделирование изучаемых явлений. Статистическое моделирование в элементарной форме издавна применялось для решения разнообразных задач. Уровень современных вычислительных средств позволяет в действительности имитировать без ограничений сложные явления и процессы.

Метод Монте-Карло является одним из наиболее мощных при решении математических задач, особенно в тех случаях, если проблему невозможно решить ни аналитическими, ни приближенными методами. Данный метод осуществляется с помощью моделирования (имитации) изучаемого процесса на ЭВМ с использованием теоретических зависимостей, оказывающих воздействие на его начальные случайные факторы и на статистическую обработку извлекаемых результатов.

2.1. Метод статистического моделирования и его применение

Метод Монте-Карло – это метод моделирования случайных значений преследующий цель определения их характеристик и распределений. Данный метод осуществляется с помощью применения электро-вычислительных машин (ЭВМ), использующих теоретические зависимости, влияющие на результат статистической апробации полученных значений.

Возникновение случайных величин возможно только двумя способами: естественным образом и искусственным. К естественным относятся многоуровневая транспортная сеть, транспорт нейтронов или развитие экономического валютного рынка. Но для решения математических задач и задач моделирования, включающие случайную выборку с определенной вероятностью, как правило используются искусственно введенные случайные величины.

Основным для статистического метода моделирования оказывается моделирование псевдослучайных значений с заведомо известными распределениями и вероятностями различных событий.

Способ моделирования случайных величин. Для того чтобы смоделировать значение X , имеющие функцию распределения $F(x)$, существует необходимость произвести моделирование значение Y , у которой равномерное распределение имеет диапазон от нуля до единицы включительно. Допустив что величина y есть реализации величины Y , найдем необходимую реализацию величины x по формуле $x = F^{-1}(y)$.

Реализация равномерно распределенных случайных величин делится алгоритмический процесс и физический.

Воспроизведение последовательности случайных значений в физическом методе реализуется формированием значений $V_1, V_2 \dots$, где каждое значение с одинаковой вероятностью $p = 0,5$ может принять численное значение либо 1, либо 0. Эта последовательность имеет двоичное значение, которое определяет величину случайных величин.

$$Y = V_1 2^{-1} + V_2 2^{-2} + \dots + V_k 2^{-k} + \dots \quad (2)$$

Алгоритмический метод реализуется за счет применения ЭВМ в формировании псевдослучайных значений за счет использования специализированных программных пакетов, базирующиеся на использование рекуррентного метода т.е., получение каждого сформированного числа достигается за счет арифметических преобразований предыдущего числа.

Данные последовательности чисел достаточно сильно приближены к последовательности случайных значений с определенным законом распределения.

Чтобы произвести моделирование заданного события A соответствующему вероятности p , необходимо произвести моделирование случайного значения Y , у которого равномерное распределение находится в диапазоне от нуля до единицы включительно. Если Y входит в диапазон от нуля до p включительно, то принято полагать, что событие A имеет место быть, при непопадании в диапазон от p до единицы принято полагать что A не появилось.

Практическая реализация метода. Для решения вероятностных задач данный статистический метод в полной мере реализуется за счет многократного моделирования случайных величин изучаемого события с использованием ЭВМ, беря во внимание и те случайные события и значения у которых известны вероятностные характеристики. Далее происходит анализ, и оценка полученных статистических данных среди которых производится выборка необходимых значений.

В результате получаем выборку (ряд реализаций) всех значений, определяющих режимы, характер работы изучаемой системы. Данные результаты принято называть статистической обработкой данных. Она позволяет судить о качестве функционирования системы, т.е. об ее точности. Среди полученных результатов лежит множество вариантов и значений среди которых возможно выбрать наиболее подходящий вариант, который удовлетворяет поставленные требования.

Огромное преимущество метода Монте-Карло — это возможность задействования реальных значений, вариантов или элементов системы, которые в том числе не поддаются математическому описанию. У данного метода недостаток заключается в том, что для достаточно точного прогнозирования необходимо делать многократное количество моделирований.

2.1 Общая схема метода Монте-Карло

Введем предположение, что существует необходимость найти некую величину m . Пусть случайная величина будет обозначаться оператором A , для которой $M\zeta = m$ и $D\zeta = b$.

Будем производить N количество случайных реализаций $A_1 \dots A_N$, которые будут иметь кривую распределения соответствующей кривой распределения величины A .

Руководствуясь центральной предельной теоремой теории вероятности плотность суммы $\rho_N = \sum_i A_i$ приближается к достижению плотности нормальной величины A_N при $N \rightarrow \infty$.

$$\lim_{N \rightarrow \infty} |p_{\rho_N}(x) - p_{A_N}(x)| = 0, \quad (3)$$

Рассмотрим распределение суммы с параметрами $M_{\rho_N} = Nm$, $D_{\rho_N} = Nb^2$.

На основании предельной теоремы Муавра-Лапласа получаем:

$$P\left(\left|\frac{\rho_N}{N} - m\right| \leq k \frac{b}{\sqrt{N}}\right) = P\left(\left|\frac{1}{N} \sum_i A_i - m\right| \leq k \frac{b}{\sqrt{N}}\right) \rightarrow 2F(k) - 1 \quad (4)$$

где $F(k)$ – функция распределения.

По "правилу трех сигма" получаем важное соотношение в методе Монте-Карло, которое дает нам и метод расчета m , и оценку погрешности, какими не были бы m и σ [4].

$$P\left\{\left|\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_j - m\right| < \frac{3b}{\sqrt{N}}\right\} \approx 0.997. \quad (5)$$

2.3 Мониторинг состояния процесса с использованием контрольных карт Шухарта

Для предоставления услуг транспортировки углеводородного сырья требуется обеспечения бесперебойного и надежного режима работы трубопроводов. Для мониторинга и прогнозирования состояния режима работы газо- или нефтепровода возможно использование контрольных карт Шухарта.

При реализации диагностических прогнозов состояния технологического процесса часто используют статистические методы с определенной задачей выявления ситуаций, где процесс выходит за границы системной вариабельности. Цель статистического управления транспортировки углеводородного сырья – это поддержание стабильности процесса, гарантируя выполнения соответствующих поставленных требований. Важным моментом в статистическом управлении является обеспечение достоверности оценки исследуемых характеристик процесса и уменьшение ложных отклонений.

Использование контрольных карт Шухарта для решения этих задач очень удобно. Они очень наглядно показывают системную вариабельность технологического процесса транспорта углеводородов. Благодаря контрольным картам Шухарта, интерпретируя количественные признаки технологического процесса, есть возможность судить о поведении процесса. Контрольная карта Шухарта представляет собой отражение статистических подходов, применяемых к анализу исследуемого процесса на графике, результат которых отражает реальные перемены в процессе, которые могут быть получены в результате воздействия на них несистемных факторов. Способ возникновения несистемных факторов, влияющих на технологический процесс транспортировки углеводородного сырья может интерпретироваться как «особыми» или «случайными». Данные несистемные факторы могут характеризовать неисправное состояние технологического оборудования, нарушение однородности рабочей среды в нефтепроводе и т.п.

Характеристика метода

При построении карт Шухарта для совместной обработки различных по шкале блоков данных используется автошкалирование. Автошкалированием называют процессы комбинирования центрирования и нормирования числовых данных по столбцам. По каждому контролируемому параметру формируется блок данных, содержащий выборку из исходных значений x_j .

Для каждого блока выбранных данных считается среднее арифметическое m и стандартное квадратичное отклонение d . Затем производится расчет значений блоков данных x_j' , содержащих выборку из исходных значений по формуле:

$$x_j' = \frac{x_j - m}{d} \quad (6)$$

Основным при построение карт Шухарта является изображение контрольных границ (LCL, UCL) и центральной линии (CL). Центральная линия (CL) служит для оценки находится ли процесс в статистически управляемом состоянии, данная линия соответствует среднему арифметическому изучаемого блока данных. Верхняя контрольная граница (UCL) и нижняя контрольная граница (LCL) служат для долговременной оценки процесса и сигнализируют о значительном значении неравномерности работы системы при пересечения графика одной из этих границ.

3. Расчетная часть

3.1 Результаты статистической обработки показаний диагностических замеров толщин стенок линейной части нефтесборного коллектора.

3.2 Расчет остаточного ресурса трубопровода согласно ОСТ 153-39.4-010-2002.

4. Социальная ответственность

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [4].

Трубопровод является сооружением повышенной опасности и согласно приложению к Федеральному закону от 21.07.97 № 116 – ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относится к опасным производственным объектам. Принятие решений компанией в области обеспечения безопасности и надежности транспортировки нефти и нефтепродуктов должны производиться с учётом социальных и экологический аспектов, ответственности за результаты принятого решения, а также результатов проводимой деятельности на общество и окружающую среду.

4.1 Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.002-14 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения» факторы производственной среды представлены, как опасные и вредные производственные факторы.

Опасный производственный фактор – это фактор производственной среды и трудового процесса, воздействие которого на организм работающего при определенных условиях может служить причиной травмы, в том числе смертельной. Таким образом, опасный производственный фактор может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья и смерти [4].

Вредный производственный фактор – фактор производственной среды и трудового процесса, воздействие которого на организм работающего в определенных условиях может сразу или впоследствии привести к заболеванию или отразиться на здоровье потомства пострадавшего [4].

По природе действия опасные и вредные производственные факторы подразделяют на следующие группы:

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

Для минимального влияния вредных и опасных производственных факторов или полного их исключения в процессе трудовой деятельности, предусмотрена система законодательных актов и мероприятий, которая направлена на сохранение жизни и здоровья работников. Свод установленных правил носит название Охрана труда и регулирует такие факторы, как санитария, техника безопасности, пожарная и взрывная безопасность.

Факторы, возникающие при диагностике технического состояния трубопровода

Факторы, характерные для производства работ по диагностике технического состояния, приведены в таблице 14 и выбраны в соответствии с ГОСТ 12.0.003-15 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 14 Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния линейной части технологического трубопровода

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-15)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы:			
- подготовка трубопровода к диагностированию;	- отклонение показателей климата на открытом воздухе;	- электрический ток;	ГОСТ 12.0.003-15
- обследование трубопровода системой направленных волн;	- повышенная загазованность воздуха рабочей среды;	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности инструментов;	ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.007-76
- обследование трубопровода вихретоковыми системами;	- физические и нервно-психические перегрузки	- пожаровзрывоопасность;	ГОСТ 12.1.019-2009
- проведение УЗК сварных швов;	- повреждения в результате контакта с животным, насекомыми.	- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.	ГОСТ 12.1.030-81 ГОСТ 12.4.026-2015
- измерения толщин запорной арматуры;			ГОСТ 12.2.003
- измерение твердости металла по шкале Бринелля.			СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 СНиП 12-05-95 ФЗ-№123 от 2008г

Вредные производственные факторы

1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.

Наиболее распространенным вредным производственным фактором является отклонение показателей микроклимата. Важную роль в показателях микроклимата создают территориальные особенности региона, на котором расположены объекты изучения и диагностики, поскольку производимые работы по обслуживанию трубопроводов производятся на открытых площадках. Среднесуточная температура исследуемого региона в теплый период составляет $16,5^{\circ}\text{C}$ и длится порядка 100-110 дней, а в холодный период – -23°C , с продолжительностью до 210 дней. Изучаемый регион характерен высокой влажностью 73% с годовым количеством осадков в пределах от 448 до 669 мм, а также средней скоростью ветра – 3,1 м/с.

Климатические условия и условия при непосредственном производстве работ влияют на свойство организма поддерживать тепловой баланс. При понижении температуры происходит ограничение теплоотдачи организмом, что способствует снижению кровотока в кожных покровах и последующему уменьшению влажности кожи. При повышении температуры происходят обратные процессы. На основе вышеизложенного можно заключить, тепло- и влаговыделение, а также скорость воздуха имеют значительное влияние на терморегуляцию организма, и могут способствовать неблагоприятному воздействию на работающего, а также снижению производительности. При повышенных температурах ограничение теплоотдачи может привести к перегреву или при сильном перегревании к тепловому удару. Длительная и интенсивная работа на открытом воздухе может стать причиной солнечного удара [11].

Для обеспечения безопасной работы созданы санитарные нормы, которые определяют допустимые и оптимальные микроклиматические условия. При пренебрежении или несоблюдении установленных норм, производимые работы считаются вредными или опасными. При производстве работ на открытой территории, в зимний и летний периоды года, рабочие, в

обязательном порядке, должны быть обеспечены спецодеждой, снижающей неблагоприятные воздействия на организм рабочего в зависимости от климатического региона. При работе в холодное время года при показателях температуры воздуха и скорости ветра приведенных в таблице 15 работы должны быть приостановлены [3].

Таблица 15. Работы на открытом воздухе приостанавливаются работодателями при следующих погодных условиях:

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	– 40
Не более 5,0	– 35
5,1–10,0	– 25
10,0–15	–15
15,1–20,0	–5
Более 20,0	0

2. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

Так же вероятным вредным фактором является повышенная загазованность воздуха рабочей среды. Наиболее явными причинами запыленности и загазованности воздуха могут служить передвижение автотранспорта обслуживающего рабочую территорию и различного рода работы, производимых на трубопроводе, термических, сварочных, шлифовальных и т.п. Главным источником запыленности является пыль. Оседая на коже, пыль забивает кожные поры, препятствуя терморегуляции организма рабочего, что в свою очередь может служить причиной возникновения дерматита, также попадая на слизистую оболочку глаз, пыль вызывает раздражение и конъюнктивит. В редких случаях при попадании пыли на организм возможны проявления на коже химического раздражения, также не исключены появления ожогов.

Причиной загазованности чаще всего является транспортируемый продукт по трубопроводу. Транспортировка токсичных продуктов является опасной для жизни и здоровья человека. Производство работ на трубопроводе, разного

рода дефекты, а также не достаточная герметичность соединения, наиболее вероятные причины появления загазованности в рабочей зоне, транспортируемые углеводороды содержат легко испаряющиеся вещества, которые опасны для жизни и здоровья человека.

Для защиты здоровья и жизни человека осуществляется контроль загазованности. Содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК) по ГОСТ 12.1.005-88 [1]. Определение концентрации загрязнений производится путем замеров или расчетов. ПДК углеводородов природного газа в воздухе рабочей зоны составляет 300 мг/м³ в пересчете на углерод. Проводить анализ ГВС необходимо непосредственно перед началом работ, после каждого перерыва в работе, а также во время проведения работ с периодичностью установленной требованиями наряда-допуска, но не реже, чем через 1 час. Превышение допустимых значений концентрации ГВС сопровождается немедленным прекращением проводимых работ, а также принятием мер по устранению причин загазованности. Возобновление работ могут быть осуществлено только после обнаружения и устранения причин загазованности, при не превышении допустимых значений концентрации ГВС. В случаях превышения предельно допустимых концентраций, должны быть предприняты следующие действия: поставлены в известность ответственные по производству работ; прекращены проведения работ; приняты меры к устранению предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны [3].

Для защиты от загазованности в рабочей зоне применяются респираторы, фильтрующие противогазы, марлевые повязки, защитные очки и специальная одежда из пыленепроницаемой ткани. При загазованности для защиты органов дыхания необходимо использовать шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2 [1].

3. Повреждения в результате контакта с насекомыми.

При производстве работ в теплые месяцы года повышается вероятность получения повреждений в результате контакта с насекомыми, наиболее

вероятен контакт со следующими видами насекомых: комары, москиты, мошка, мухи, слепни, гнус и т.п.. Опасность при контакте с насекомыми представляет не столько укус и (или) другого рода повреждения, сколько риск заражения различного рода инфекций, переносимого насекомым, а также приводящим к тяжелым последствиям, к примеру, энцефалитный клещ. Для обеспечения необходимого уровня безопасности жизни, бригада производящая работы на объекте должна быть обеспечена необходимой спецодеждой, а также отпугивающими средствами, и проинструктированы о порядке применения выданных средств [1].

4. Физические и нервно-психические перегрузки.

Результатами физических и нервно-психических перегрузок являются утомление и переутомление рабочих, возникающие в результате монотонности и сложности выполняемых работ, а также являющаяся следствием эмоциональных перегрузок. Для предотвращения результатов физических перегрузок следует соблюдать нормы санитарно-гигиенических условий и придерживаться установленного в нормативной документации режима труда и отдыха [3].

Опасные производственные факторы.

1. Электрический ток.

Поражения человека электрическим током возможно при замыкании электрической цепи через тело пострадавшего, опасность при поражении электрическим током представляет повышенное значение напряжения в электрической цепи. Одной из главных задач для достижения безопасности является обязательное заземление электрооборудования, а также оснащение молниезащитой сооружений и зданий. Наиболее приоритетными мерами безопасности при работе с электрооборудованием является изоляция токопроводящих частей, защитное отключение, зануление, применение оградительных устройств. Правила по охране труда при использовании электроустановок изложены в Приложении к приказу Министерства труда и

социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2013 г. N 328н "Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" [5].

2. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.

Наибольшая опасность от острых кромок возникает при производстве работ по резке и шлифовке оборудования. Для защиты от опасного производственного фактора предусмотрены средства индивидуальной защиты, включающие в себя комплект спецодежды, защитные перчатки и очки.

3. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы.

Основными источниками механических опасностей в процессе выполнения работ являются строительные машины и механизмы, создающие опасность в зоне проведения работ. Требования к организации безопасности во время работ движущихся машин и механизмов приведены в СНиП 12-03-2001 [11].

4. Пожаровзрывобезопасность.

При производстве работ на трубопроводе повышается вероятность возникновения пожара или взрыва. В соответствии с частью 1 статьи 5 ФЗ-123 каждый объект должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, включающую в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, а также комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности [6]. Главными мерами пожаробезопасности являются: взрывозащищенное оборудование либо оборудование во взрывозащищенном исполнении; наличие средств пожаротушения. Важным фактором является наличие средств для оказания медицинской помощи при ожогах, и других видов термического воздействия на организм человека, в том числе ожог дыхательных путей и внутренних органов.

Наиболее важными требованиями при производстве работ является техника безопасности. Не допускается присутствие посторонних лиц на месте проведения работ. К работе с приборами допускаются рабочие прошедшие проверку знаний по охране труда, электробезопасности, пожарно-технической безопасности, промышленной безопасности и имеющие соответствующие удостоверения, а также удостоверения по технике безопасности и рабочей специальности. Допускаются лица, достигшие 18 лет. Работники должны иметь спец. одежду и индивидуальные средства защиты. Весь персонал должен быть ознакомлен с техникой безопасности путем проведения инструктажей.

4.2 Экологическая безопасность

Вредные воздействия на окружающую среду и мероприятия по их снижению

Вредные воздействия такого инженерного сооружения, как трубопровод, на окружающую среду можно разделить на следующие этапы.

Первый этап – этап сооружения трубопроводов. При строительстве и прокладке объектов транспорта газа и нефти большую степень влияния на окружающую среду оказывают земляные работы [15].

Прямыми воздействиями земляных работ являются:

- нарушение естественного рельефа в результате выполнения работ (отсыпка насыпи, рытье траншеи и др.);
- захламление почв отходами строительных материалов, порубочными остатками;
- нарушения микрорельефа в результате воздействия тяжелой строительной техники;
- ухудшение физико-механических и химико-биологических свойств почвенного слоя [15].

Среди источников загрязнения воздушной среды при строительстве можно выделить:

- выхлопные газы строительных машин;
- сварочные аэрозоли от трубосварочных установок;
- дым от двигателей [15].

Источниками загрязнения водных объектов являются;

- стоки с площадок временного жилого поселка и технологических объектов [15].

Согласно вышеперечисленному, при строительстве трубопроводов основные вредные воздействия на окружающую среду возникают за счет техногенного воздействия, активация криогенных и эрозионных процессов, при необходимости деформации русел при переходах. Однако не маловажным фактором являются возможные аварии при испытании линейной части, а также эмиссия вредных веществ при работе строительной техники.

Следующий этап – воздействия на окружающую среду при эксплуатации. При эксплуатации трубопроводов происходит загрязнение грунтов, поверхностных и подземных вод, приземного слоя атмосферы. Большую роль играет температура транспортируемого газа по трубопроводам, оказывающее непосредственное воздействие на грунт. При транспортировке по нормальному или горячему трубопроводу в зонах многолетней мерзлоты происходит протаивание грунтов вдоль трасс трубопроводов, при транспортировке по холодному трубопроводу, с отрицательной температурой транспортируемого вещества, напротив, происходит промораживание грунта, являющаяся причиной ожелезнения почв.

Одним из наиболее серьезных источников воздействия на окружающую среду представляют собой утечки на компрессорных станциях и линейной части. Образование утечек может происходить через негерметичные соединения трубопроводов, а также при аварийных выбросах. Возможной проблемой в случае разрыва трубопровода является вероятность возникновения взрыва, приводящая к возгоранию транспортируемого вещества.

Последствиями разрыва, действующего нефте– и газопровода может стать разлив больших объемов нефти и нефтепродуктов на поверхности земли, попутно загрязняя водные объекты и атмосферу. Нефть и тяжелые нефтепродукты не представляют серьезной опасности в плане токсичности, однако высокое их содержание в почве резко снижает продуктивность и качество почв, снижается скорость окислительно-восстановительных реакций и ферментивная активность, с последующим ухудшением водно-физических свойств. Вышеописанные последствия от разрыва нефтепровода могут полностью вывести загрязненную почву из возможного дальнейшего использования в качестве плодородной земли. Степень загрязнения земель определяет нефтенасыщенность грунта или количество нефти впитавшейся в грунт и зависит от влажности грунта. Загрязнение почвы влечет за собой серьезные последствия для почвенных бактерий, беспозвоночных почвенных микроорганизмов и животных, не способных в результате интоксикации фракциями нефти продолжать нормально–функционирующую деятельность или любую жизненную деятельность. Таким образом, загрязнение почвы отклоняет наземные биоценозы от естественного круговорота веществ и энергии в биосфере [15].

Воздействие на водные объекты не приводит к моментальной массовой гибели рыб, однако это происходит в долгосрочной перспективе. Наиболее уязвимыми живыми организмами в результате разлива нефти являются птицы, проводящие большую часть жизни на воде, вследствие загрязнения разрушается оперение, раздражаются слизистые оболочки, спутываются крылья. В отличие от обитателей водных объектов, в случае птиц могут происходить массовые гибели. Молодь рыб и личинки наиболее чувствительны к воздействию нефти, способная погубить икру и личинки, находящуюся ближе к поверхности воды [15].

Испарившиеся углеводороды со свободной поверхности разлившейся нефти будут загрязнять атмосферу.

Главным мероприятием для снижения вредных воздействий и риска возникновения аварий является своевременная экспертиза промышленной безопасности, проектировка, строительство и эксплуатация согласно требованиям нормативной документации, постоянный контроль, диагностика технического состояния, а также проведение ремонтно-профилактических мероприятий на трубопроводе. Наиболее вероятны аварии на трубопроводах сроком эксплуатации более 30 лет, основной причиной возникновения аварий является коррозия на трубопроводе.

При обнаружении утечек, следует в установленном порядке герметизировать или провести необходимые ремонтно-профилактические работы. При аварии на линейной части следует приступить к устранению последствий аварий в как можно меньшие сроки.

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это процесс возникновения, в течение короткого периода времени, экстремальных условий для человека, преодоление которых требует высокого уровня физической, физиологической, психологической, моральной адаптированности. В чрезвычайных ситуациях возникают экстремальные условия для человека [13].

Чрезвычайные ситуации подразделяют на техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуации (ЧС) является техногенный или природный вид ЧС в зоне расположения нефте– или газопровода. Причинами чрезвычайных природных ситуаций могут стать землетрясения, сильные морозы и метели. При проявлении таких опасных явлениях происходит смещение опор или изменения профиля грунта, что в свою очередь служит увеличением напряжения металла трубопровода и может привести к образованию трещин, разгерметизации или полному разрыву трубопровода.

Однако наиболее вероятным и разрушительным видом чрезвычайной техногенной ситуации представляется пожар или взрыв. Пожарной безопасности при транспортировке, добычи, переработки и хранении легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществах уделяется наиболее возможное количество внимания. Вышеописанные меры позволяют уменьшить возможность возникновения ЧС, однако не гарантируют полного исключения вероятности возникновения пожаров или взрывов [13].

При возникновении утечки велика вероятность возникновения пожара в случаях: неправильной работы с электрооборудованием; обрыве проводов энергоснабжения; не соблюдении правил пожарной безопасности при огневых и ремонтных работах. Длительная эксплуатация трубопроводных систем, работающих непрерывно под нагрузкой, и во многих случаях в условиях агрессивных сред, может представлять повышенную опасность возникновения ЧС. Эти и другие неблагоприятные факторы могут привести к разрушению трубопроводов и возникновению пожаров. Пожары несут огромные экономические ущербы, отрицательное воздействие на экологию, а также нежелательные человеческие жертвы.

При возникновении пожара работник должен незамедлительно сообщить в пожарную охрану о происходящем, непосредственному руководителю или оператору, а также принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей [13].

Важным моментом в организации противопожарной безопасности являются первичные средства пожаротушения. На трубопроводных объектах должны быть инвентарные описи закрепленного за каждым сооружением пожарного инвентаря и оборудования и правила пользования ими. Первичные средства пожаротушения следует размещать вблизи мест наиболее вероятного их применения, на виду, с обеспечением к ним свободного доступа, по согласованию с пожарной охраной. Ручные огнетушители должны размещаться в легкодоступных и заметных местах методами навески на пожарные щиты, стенды, на вертикальные конструкции на высоте не более 1,5

м от уровня пола до нижнего торца (днища) огнетушителя и на расстояние от двери, достаточном для ее полного открывания; установки в пожарные шкафы совместно с пожарными кранами или в специальные тумбы. Огнетушители, ящики с песком, бочки с водой, ведра, щиты, шкафы и инвентарь должны иметь окраску в соответствии с требованиями ГОСТ.

Для каждого пожаровзрывоопасного объекта, а также для всей организации должны быть разработаны планы ликвидации возможных аварий и планы тушения пожаров – в дальнейшем планы быстрого реагирования.

Планы быстрого реагирования включают: подробное изложение действий должностных лиц производственных и объектовых подразделений по организации оповещения, сбора и сосредоточения на месте аварии и (или) пожара необходимого количества сил и средств, проведение первоочередных аварийно-спасательных работ и (или) тушения пожара, а также взаимодействия с привлекаемыми для этих целей сторонними подразделениями.

Указанные планы согласовываются с объектовой комиссией по чрезвычайным ситуациям и утверждаются руководителем (главным инженером) организации. Первоочередные аварийно-спасательные работы включают действия по спасению людей, локализации или ликвидации аварий, защите обслуживающего персонала и населения от опасных факторов в условиях аварий и (или) пожара и могут выполняться с привлечением имеющихся на данном трубопроводном объекте сил и средств.

При возникновении аварии, угрожающей взрывом или пожаром, руководитель трубопроводного объекта (цеха) или другое ответственное лицо, обязаны объявить о вводе на трубопроводном объекте (цехе) аварийного режима и задействовании планов ПБР, доложить об этом диспетчеру и руководителю организации.

Имеющимися силами и средствами необходимо:

– прекратить работу производственного оборудования или перевести его в режим, обеспечивающий локализацию или ликвидацию аварии или пожара;

- оказать первую помощь пострадавшим при аварии или пожаре, удалить из помещения за пределы цеха или из опасной зоны наружных установок всех рабочих и инженерно-технических работников, не занятых ликвидацией аварии или пожара. Доступ к месту аварии или пожара до их ликвидации должен производиться только с разрешения начальника цеха или руководителя аварийных работ;
- в случае угрозы для жизни людей немедленно организовать их спасение, используя для этого все имеющиеся силы и средства;
- вызвать пожарную часть, газоспасательную и медицинскую службы и привести в готовность средства пожаротушения;
- на месте аварии или пожара и на смежных участках прекратить все работы с применением открытого огня и другие работы, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации аварии или пожара;
- принять все меры к локализации и ликвидации аварии или пожара с применением защитных средств и безопасных инструментов;
- удалить по возможности ЛВЖ и ГЖ из резервуаров и аппаратов, расположенных в зоне аварийного режима, понизить давление в аппаратах;
- при необходимости включить аварийную вентиляцию и производить усиленное естественное проветривание помещений;
- на месте аварии при наличии газоопасных зон и на соседних участках запретить проезд для всех видов транспорта, кроме транспорта аварийных служб, до полного устранения последствий аварии;
- при необходимости вызвать дополнительные силы и средства;
- обеспечить защиту людей, принимающих участие в тушении пожара, от возможных выбросов горячей нефти, обрушений конструкций, поражений электрическим током, отравлений, ожогов;
- одновременно с тушением пожара производить охлаждение конструктивных элементов зданий, резервуаров и технологических аппаратов, которым угрожает опасность от воздействия высоких температур;

– при необходимости принять меры по устройству обвалований против разлива ЛВЖ и ГЖ и по откачке нефти из горящего резервуара.

Другие мероприятия по ликвидации аварии или пожара в каждом отдельном случае определяются руководителем работ по ликвидации аварии, исходя из создавшегося положения и с соблюдением мер пожарной безопасности и техники безопасности.

Для предотвращения такого рода чрезвычайных ситуаций, необходимо производить диагностику трубопроводов и осуществлять экспертизу промышленной безопасности, а так же следовать требованиям пожарной безопасности и своевременно сообщить об угрозе возникновения пожара.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Вопросы о безопасной эксплуатации трубопроводов, порядок проведения работ, а также требования безопасности при их проведении установлены в руководстве по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (утв. приказом федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 784 от 27 декабря 2012 года), ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах», РД 39-132-94 «Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов», Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (утв. приказом № 101 от 12 марта 2013 года (с изменениями от 31 декабря 2014 года)).

К выполнению работ допускаются лица, не имеющие противопоказаний по возрасту и полу, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными к выполнению данных работ, прошедшие обучение безопасным методам и

приемам работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте, а также проверку знаний требований охраны труда [16].

К работникам, выполняющим работы в условиях действия опасных производственных факторов, связанных с характером работы, предъявляются дополнительные требования безопасности (перечень таких профессий и видов работ должен быть утвержден в организации в соответствии с законодательством) [16].

Проведение работ повышенной опасности (огневых, газоопасных и других, в том числе в случаях ликвидации аварий, инцидентов) разрешается только по наряду-допуску, распоряжению или с записью в журнале учета газоопасных работ, проводимых без наряда-допуска.

При проведении экспертизы промышленной безопасности должны соблюдаться требования безопасности и охраны труда, действующие на предприятии, где проводятся работы. Персонал, проводящий работы по экспертизе промышленной безопасности, должен быть проинструктирован по технике безопасности в установленном порядке [16].

До начала проведения работ по экспертизе промышленной безопасности приказом по предприятию назначаются эксперты и дефектоскописты. Не допускается присутствие посторонних лиц на месте проведения работ.

Эксперты и дефектоскописты до начала проведения работ по экспертизе технологических трубопроводов должны пройти проверку знаний по охране труда, электробезопасности, по пожарно техническому минимуму (для рабочих, не связанных с огневыми работами), по правилам промышленной безопасности и иметь при себе соответствующие удостоверения.

К работам по обследованию и неразрушающему контролю трубопроводов допускаются работники, обученные и аттестованные в установленном порядке, имеющие удостоверения по технике безопасности и рабочей специальности.

Работы по экспертизе трубопроводов должны производиться при благоприятных метеорологических условиях и только в светлое время суток.

На территорию предприятия, где проводится проверка технических устройств допускаются лица, достигшие восемнадцатилетнего возраста.

Работники экспертной организации должны иметь спец. одежду, индивидуальные средства защиты, соответствующие требованиям, установленным на предприятии, где проводится проверка.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Расчет технико-экономических показателей реализации проекта

Проведем расчет трудоемкости проекта по диагностике нефтепровода.

В состав работ по диагностике нефтепровода входят: доставка, разгрузка дефектоскопического оборудования, предусмотренных проектом производства работ, сборка и запасовка дефектоскопа в трубопровод.

Определим время для дефектоскопического обследования.

Время на проведение мероприятия при диагностике ультразвуковым дефектоскопом типа WM представлено в таблице 1 согласно ГОСТ Р 54907-2012.

Таблица 1 - Трудоемкость на проведение дефектоскопического обследования трубопровода на 1 км

Операция	Общее время, час.
Привоз дефектоскопа на место проведения работ	10
Выгрузка	2
Очистка камеры запуска и приема	4
Монтаж дефектоскопа в камеру запуска	4
Запуск, прием дефектоскопа	2
Итого:	22

Так как основные и вспомогательные операции могут выполняться одновременно, то общее время на мероприятие будет равно наибольшему значению из этих двух времен. Как видно из таблицы, время на выполнение диагностики нефтепровода занимает менее суток.

Проведем расчет необходимой техники и оборудования для диагностики магистрального нефтепровода.

В процессе осуществления данного метода потребуется следующая техника: кран-трубоукладчик. Он необходим для погрузки и запасовке

дефектоскопа, что позволит с помощью автомобиля-самосвала доставить их на объект. В качестве такого крана был выбран кран-трубоукладчик Komatsu D150C-3, являющийся высокопроходимым, и имеющий грузоподъемность 30 тонны. В качестве автомобиля-самосвала выступает "Урал-IVECO- 6539-01" с максимальной скоростью 78 км/ч и грузоподъемностью 40 тонн. Доставка рабочего персонала осуществляется вездеходами ДТ-40, предназначенными для транспортировки в сложных климатических условиях, на грунтах с низкой несущей способностью (болото, снежная целина, бездорожье, пересечённая лесистая местность) при температуре окружающей среды от плюс 40 до минус 60 50°С. На нефтепроводе для разгрузки дефектоскопа используется трубоукладчик KOMATSU D150C-3. Запасовка дефектоскопа производится экскаватором Volvo EC-290B, имеющий высокую производительность и низкий расход топлива.

Таблица 2 - Перечень необходимой техники

Объект	Назначение
Автомобиль-самосвал Урал-IVECO-6559-01	Привоз материала к месту производства работ
Вездеход ДТ-40	Доставка персонала к месту производства работ
Ультразвуковой дефектоскоп типа WM 40/48	Диагностика трубопровода
Экскаватор Volvo EC-290B	Запасовка дефектоскопа в камеру приема
Кран-трубоукладчик Komatsu D150C-3	Монтаж балластировочных материалов, укладка плети

Для выполнения основных работ по погрузке и разгрузке дефектоскопа, доставке дефектоскопа потребуется 4 единиц техники. Вся техника и оборудование необходимы на протяжении всего времени производства работ.

Рассчитаем затраты на амортизационные отчисления для диагностики нефтепровода.

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая линейную амортизацию их активной части.

Расчет амортизационных отчислений производится по формуле:

$$K=1/n*100\%$$

K – норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта;
n – срок полезного использования объекта.

Расчет амортизационных отчислений при установке текстильных контейнеров типа КТ можно свести в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчет амортизационных отчислений

Объект	Стоимость руб.	Норма амортизации %	Норма амортизации в час, руб	Норма амортизации в год, руб	Кол-во ед. техники	Время работ, час	Сумма амортизации за время на выполнение работ, руб
Автомобиль-самосвал Урал-IVECO-6559-01	1530000	10	17,47	153000	1	22	4503,68
Вездеход ДТ-40	5995000	8	54,75	479600	2	22	5446
Экскаватор Volvo EC-290B	2700000	10	30,82	270000	1	22	1095,76
Кран-трубоукладчик Komatsu D355C-3	12000000	10	136,98	1200000	1	22	9629,28
Ультразвуковой дефектоскоп типа WM 40/48	5400000	10	61,37	540000	1	22	4246,14
Итого				41917,86			

Расчет амортизационных отчислений показал, что при балластировки текстильным контейнерами амортизационные отчисления составляют 41917,86 рубля.

Рассчитаем затраты на материалы для диагностики нефтепровода.

Расчет стоимости материалов на проведение работ по диагностике нефтепровода сведен в таблицу 5. Материалы для работ закупаются по рыночной цене, без каких-либо скидок.

Таблица 5 - Расчет стоимости материалов на проведение мероприятия

Наименование материалов	Единица измерений	Количество	Цена за единицу в руб.	Сумма, руб.
Масло моторное	л	250	400	100000
Дизельное топливо	л	1000	49	49000
Всего за материалы				149000
Транспортно-заготовительные отчисления (3-5%)				5960
Итого				154960

Из таблицы следует, что затраты на материалы для диагностике нефтепровода составляют 154960 рублей.

Проведем расчет фонда оплаты труда.

К расходам на оплату труда относятся: суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда; надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.

Для осуществления метода диагностики нефтепровода необходима бригада в составе 10 человек. Ответственный за проведение работ –

исполнитель работ. Стропальщики и машинисты трубоукладчиков выполняют основную работу по раскладке и монтажу комплекта оборудования. Заработную плату каждому члену бригады можно свести в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчет фонда оплаты труда

Профессия	Разряд	Количество	Тарифная ставка, руб./час	Время на проведение мероприятия, ч.	Тарифный фонд ЗП, руб.	Сев. и рай. коэф. 50%+60%	Заработная плата с учетом надбавок, руб.
Водитель вездехода	6	2	100	22	13600	13600	27200
Машинист экскаватора	6	1	149	22	10132	11230	21362
Стропальщик	5	2	98	22	6664	6701	13365
Машинист крана, трубоукладчика	6	1	140	22	9520	9603	9624
Трубопроводчик линейный	5	2	85	22	5780	5799	11579
Исполнитель работы	7	1	189	22	12852	13420	26272
Итого		10			80512	82456	109277

Полученные значения заработной платы с учетом надбавок составляют 109277 руб.

Проведем расчет взносов в государственные внебюджетные фонды.

Затраты на страховые взносы в Пенсионный фонд России, Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования при установке текстильных контейнеров представлены в таблице 6.

Рассчитывая затраты на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, выбираем класс VIII с тарифом 0,9 для производства общестроительных работ по строительству прочих зданий и сооружений, не включенных в другие группировки (код по ОКВЭД – 45.21.6).

Таблица 6 - Расчет страховых взносов при проведении балластировки газопровода

Показатель	Водитель вездехода	Машина экскаватора	Стропальщик	Машинист крана, трубоукладчик	Трубопроводчик линейный	Исполнитель работы
Количество работников	2	1	2	2	2	1
ЗП, руб.	27200	21362	26730	38246	23158	26272
ФСС (2,9%)	788,8	619,48	775,16	1109,12	671,58	761,89
ФОМС (5,1%)	1387,2	1089,46	1363,22	1950,54	1181,06	1339,87
ПФР (22%)	5984	4699,64	5880,6	8414,12	5094,76	5779,84
Страховые от несчаст. случаев (тариф 0,9%)	244,8	192,25	240,56	344,2	208,42	236,44
Всего, руб.	8404,8	6600,83	34989,54	11817,98	7155,82	8118,04
Общая сумма, руб.	77087,01					

На основании вышеперечисленных расчетов определяется общая сумма затрат на проведение организационно-технического мероприятия (таблица 7).

Таблица 7 - Затраты на проведение организационно- технического мероприятия

Наименование расходов	Затраты, руб.	Структура затрат, %
Амортизационные отчисления	41917,86	9
Материальные затраты	154960	32
Основная заработная плата	109277	23
Страховые взносы во внебюджетные фонды	77087,01	17
Накладные расходы (20%)	105580,346	20
Итого:	484576,076	100



Рисунок 1 – Диаграмма общих затрат на мероприятие

В данном разделе был проведен расчет затрат на проведение диагностики 1 км магистрального нефтепровода дефектоскопом типа WM. Вместе с этим рассчитали затраты на технику и топлива, амортизационные отчисления, затраты на материалы и затраты на оплату труда специалистов.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что на проведение мероприятия диагностики магистрального нефтепровода потребуется 484576,076 рублей.

Наибольший удельный вес (32%) в структуре затрат на проведение работ занимают расходы на материальные затраты.

Заключение

В данном разделе были рассмотрены основные понятия вредных и опасных факторов влияющие на состояние здоровья сотрудников при строительстве и эксплуатации магистрального нефтепровода.

Были приведены меры и рекомендации по обеспечению безаварийной работы магистрального нефтепровода. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций рассмотрен план ликвидации аварии.

Для сотрудников, производящих обслуживание магистрального нефтепровода, или производящих какие-либо работы предусмотрены бесплатные средства индивидуальной защиты, обеспечены условия безаварийной работы

Список использованных источников

1. ГОСТ 12.4.011-89 Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 7 с..
2. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с..
3. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 50 с..
4. ГОСТ 12.0.003.-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 6 с..
5. ГОСТ 12.1.019-79 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 5 с..
6. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 83 с..
7. 44 ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с..
8. СанПиН 2.2.4.548-96 -Санитарные правила и нормы Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.-М.: Изд-во стандартов, 1996. – 120 с.
9. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением N 1)». – М.: Государственный комитет Совета Министров, 1974. – 4 с.
10. ГОСТ 12. 1.004 – 91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования». – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. – 81 с.
11. ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1989. – 8 с.

12.СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1)». – М.: МЧС России,2009. – 35 с

13. ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров». – М.: Госстандарт России,1995. – 10 с.

14. ГОСТ 12.1.035-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование для дуговой и контактной электросварки. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 7 с..

15. ГОСТ 17. 4. 3. 04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».-М.: Государственный комитет СССР, 1986.- 4 с.

16. «Трудовой кодекс Российской Федерации» (с изменениями на 3 июля 2016 года) (редакция, действующая с 1 января 2017 года). – М.: Государственная Дума РФ,2001. – 176 с.

17. Аралов, О. В. Корреляционная модель прогнозирования отказов нефтеперекачивающих агрегатов / О. В. Аралов, Н. В. Бережанский, Д. В. Былинкин // Актуальные проблемы науки и техники-2016. Международная научно-техническая конференция молодых ученых.- Уфа: Изд-во УГНТУ. – 2016. – С. 100-102.

18. Аралов, О.В. Основные положения разработки методологии оптимизации параметров жизненного цикла технологического оборудования / О.В. Аралов, И.В. Буянов, Б.Н. Мастобаев, Н.В. Бережанский, Д.В. Былинкин // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов.– 2016. – № 6 – С. 23–29.

19. Аралов, О.В. Исследование методов расчета кинематической вязкости нефти в магистральном нефтепроводе / О.В. Аралов, И.В. Буянов, А.С. Саванин, Е.И. Иорданский // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – № 5. – С. 97-105.

20. Аралов, О.В. Анализ методов и подходов к оценке надежности при прогнозировании отказов оборудования магистрального трубопроводного транспорта / О.В. Аралов, И.В. Буянов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – № 6. – С. 104-114.
21. Базовский, И. Надёжность. Теория и практика. пер. с англ. / И. Базовский.– М.: Мир, 1965. – 373 с.
22. Веников, Г.В. Надёжность и проектирование / Г.В. Веников. – М.:Знание, 1971. – 96 с.
23. Дедков, В.К. Надёжность и безопасность в технике / В.К. Дедков, Северцев Н.А. // Труды международного симпозиума надёжности и качества.– 2007. – С. 18-20
24. Ермолин, Ю.А. Надёжность технических систем: учебное пособие / Ю.А. Ермолин. – М.: МИИТ, 2009. – 80 с.
25. Канарчук, В.Е. Основы надёжности машин. / В.Е. Канарчук. – Киев: наук. думка, 1982. – 248 с.
26. Климов, А.М. Надёжность технологического оборудования: учебное пособие. 2-е изд. / А.М. Климов, К.В. Брянкин. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. унта, 2008. – 104 с.
27. Лялькин, Г.Б. Надёжность технических систем и техногенный риск. Часть 1. Надёжность технических систем: учебное пособие / Г.Б. Лялькин. – Пермь: Издво Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 90 с.
28. Половко, А.М. Основы теории надёжности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.
29. Рыжкин, А.А. Основы теории надёжности: учебное пособие / А.А. Рыжкин, Б.Н. Слюсарь, К.Г. Шучев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТ., 2002. – 182 с.
30. Хомяк, О.Н. Расчёты надёжности элементов машин при проектировании / О.Н. Хомяк, В.П. Волощенко. – Киев: Высш. шк., 1988. – 165 с.

31. Владимирова, А. И. Промышленная безопасность и надёжность магистральных трубопроводов / А. И. Владимирова, В.Я. Кершенбаума. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2009. – 696 с.
32. Дейнеко, С.В. Обеспечение надёжности систем трубопроводного транспорта нефти и газа / С.В. Дейнеко. – М.: Изд-во «Техника», 2011. – 176 с.
33. Зиневиц, А.М. Развитие научных основ надёжности трубопроводов / А.М. Зинекич // Строительство трубопроводов. – 1992. – № 2. – С. 15-18.
34. Коршак, А.А. Обеспечение надёжности магистральных трубопроводов / А.А. Коршак, Г.Е. Коробков, В.А. Душин, Р.Р. Набиев. - Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2000. – 170 с.
35. Личко, Н.М. Стандартизация и подтверждение соответствия сельскохозяйственной продукции: учебник для вузов / Н.М. Личико. – М.: ДеЛи плюс, 2013. – 512 с
36. Сарвин, А.А. Диагностика и надёжность автоматизированных систем управления / А.А. Сарвин, Л.И. Абакулина, О.А. Готшалк. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 69 с.
37. Смирнов, В.Г. Стандартизация и качество продукции / В.Г. Смирнов, М.С. Капица, И.Э. Чиркун. – Минск: РИПО, 2013. – 302 с.
38. Сорока, В.А. Надёжность оборудования после модернизации и капремонта до 95% / В.А. Сорока // Гл. инж. Упр. пром. пр-вом. – 2008. – № 6. – С. 66-69.
39. Теплинский, Ю.А. Управление эксплуатационной надёжностью магистральных газопроводов / Ю.А. Теплинский, И.Ю. Быков. – М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2007. – 400 с.
40. Ватутин, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика в задачах / В.А. Ватутин, Г.И. Ивченко, Г.И. Медведев, Ю.И. Медведев, В.П. Чистяков. - М.: Дрофа, 2005. - 317 с.
41. Воробьев, В.Г. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования: учебное пособие для вузов

гражданской авиации / В.Г. Воробьев, В.В. Глухов, Ю. В. Козлов, В.Д. Константинов, И.М. Синдеев. – М.: Транспорт, 1984. – 191 с.

42. ГОСТ Р 50779.27-2017 Статистические методы. Распределение Вейбулла. Анализ данных. – М.: «Стандартинформ», 2017. – 58 с.

43. Елисеева, И.И. Общая теория статистики: учебник / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев - М.: Финансы и статистика, 1998. – 656 с.

44. Королев, В.Ю. Вероятностно-статистический анализ хаотических процессов с помощью смешанных гауссовских моделей. Декомпозиция волатильности финансовых индексов и турбулентной плазмы / В.Ю. Королев. – М.: МГУ, 2008. – 390 с.

45. Лисиенко, В.Г. Моделирование сложных вероятностных систем: учебное пособие / В.Г. Лисиенко, О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов, Н.Г. Дружинина, П.А. Дюгай. – Екатеринбург: УРФУ, 2011. – 200 с.

46. Стрелецкий, Н.С. Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности сооружений / Н.С. Стрелецкий. – М.: Стройиздат, 1947. – 92 с.