

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
продуктов переработки»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
«Повышение надёжности и безопасной эксплуатации конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут»				

УДК 622.691.004-192(571.121)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б2А	Шарапов М.П.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Наплёков В.И.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экономики природных ресурсов	Глызина Т.С.	К.Х.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Алексеев Н.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	доцент		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
P1	Приобретение <i>профессиональной эрудиции и широкого кругозора</i> в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7, ОК-8) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать <i>экологические последствия</i> профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение <i>безопасных условий труда</i>	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь <i>самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать <i>профессиональные инженерные задачи</i> с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять <i>технологическими процессами</i> , эксплуатировать и обслуживать <i>оборудование нефтегазовых объектов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность <i>инновационные подходы</i> для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
в области организационно-управленческой деятельности		
P7	Эффективно работать <i>индивидуально и в коллективе</i> по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16,ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять <i>маркетинговые исследования</i> и участвовать в создании проектов, повышающих <i>эффективность использования ресурсов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для <i>экспериментально-исследовательской деятельности</i> в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23,ПК-24,ПК-25,ПК-26)
P10	<i>Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать</i> экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием <i>современных методов моделирования и компьютерных технологий</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
в области проектной деятельности		
P11	Способность применять знания, современные методы и <i>программные средства проектирования</i> для <i>составления проектной и рабочей и технологической документации</i> объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа
и продуктов переработки»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Рудаченко
 _____ А.В.
 (Подпись) (Дата)
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б2А	Шарапову Михаилу Павловичу

Тема работы:

«Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.04.2016 г. №3269/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Конденсатопровод «Ямбург-Уренгой-Сургут» проложенный подземно в регионе со сложными природно-климатическими и геолого-географическими условиями.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатороводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатороводов, результатов выполненных ранее диагностических обследований и испытаний. 2. Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатороводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов. 3. Разработка алгоритма расчетной оценки показателей надежности участков линейной части конденсатороводов «Ямбург-Уренгой-Сургут» по результатам диагностических обследований с учетом данных проектно-изыскательской и эксплуатационной документации и выявленных дефектов и повреждений. 4. Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатороводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Расчёт на прочность и устойчивость трубопровода
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Глызина Татьяна Святославовна, к.х.н., старший преподаватель кафедры экономики природных ресурсов
«Социальная ответственность»	Алексеев Николай Архипович, старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.02.2016 г.
---	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Наплёков В.И.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б2А	Шарапов Михаил Павлович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 с., 10 рис., 17 табл., 30 источников.

Ключевые слова: анализ, конденсатопровод, многолетнмерзлые грунты, технические решения, ремонт, показатели надежности, муфтовая технология, переизоляция.

Объектом исследования является конденсатопровод «Ямбург-Уренгой-Сургут».

Цель работы – изучение зонально-региональных особенностей взаимодействия конденсатопроводов «Ямбург - Уренгой» и «Уренгой - Сургут» ООО «Газпром переработка» с окружающей средой, оценка криогеоэкологических условий эксплуатации конденсатопроводов и выработка рекомендаций по повышению их конструктивной надежности и безопасной эксплуатации.

В процессе исследования проводились: анализ данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», разработка алгоритма расчетной оценки показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут» по результатам диагностических обследований, расчет на прочность и устойчивость трубопровода.

В результате исследования были разработаны технические решения, направленные на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», на основании полученных результатов было выявлено, что метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт является безальтернативным методом ремонта, например, при утечках продукта на подводных переходах. Кроме того, муфтовая технология незаменима в качестве временной меры для ремонта критических или сквозных дефектов при невозможности в данное время остановить перекачку продукта.

Степень внедрения: _____

Область применения: _____

Экономическая эффективность/значимость работы: метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью ремонтной стеклопластиковой муфты наиболее эффективен среди других методов, а, в свою очередь, антикоррозионное покрытие Protegol UR-Coating 32-60 является наиболее эффективным при переизоляции конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут».

В будущем планируется производство и внедрение композиционных материалов. В частности, «Роснано» ведет изготовление опытного образца композитной муфты для ремонта магистральных газопроводов. Также внедрение разработанных проектными компаниями «Роснано» защитных антикоррозионных покрытий для трубной продукции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	11
Обзор литературы.....	14
1. Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсаторов, результатов выполненных ранее диагностических обследований и испытаний.	16
1.1 Анализ данных о геологических условиях прокладки конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут».....	16
1.2. Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут»	18
2. Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.....	27
2.1. Конструктивные факторы.	31
2.2. Технологические факторы.	32
2.3. Эксплуатационные факторы:	33
3. Разработка алгоритма расчетной оценки показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут» по результатам диагностических обследований с учетом данных проектно-изыскательской и эксплуатационной документации и выявленных дефектов и повреждений.	34
3.1 Основные характеристики конструкции линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут»	34
3.2 Нагрузки и воздействия.....	35
4. Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	37

4.1. Метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт	39
4.2 Использование при переизоляции конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций	47
5. Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	55
1.1 Определение толщины стенки трубопровода.	56
1.2. Проверка на прочность подземного трубопровода в продольном направлении.	58
1.2.1. Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций.	58
1.2.2. Проверка общей устойчивости трубопровода в продольном направлении.	60
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	65
6.1 Введение.....	65
6.2. SWOT-анализ.....	65
6.3 План проекта.....	66
5.4 Выполнение экономической оценки предлагаемых решений	68
5.4.1 Метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт	68
6.4.2 Использование при переизоляции конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций	72
7. Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.....	76
7.1. Введение.....	76
7.2 Профессиональная социальная безопасность.	77
7.2.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.	77
7.2.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.	80

7.3. Экологическая безопасность.	81
7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
7.5. Расчёт ущерба почве при проколе конденсатопровода.	85
7.5.1. Расчет количества газового конденсата, вылившегося из трубопровода:	86
7.5.2. Оценка степени загрязнения земель	88
7.5.3. Оценка ущерба окружающей природной среде, подлежащего компенсации, от загрязнения земель.	88
7.5.4. Вывод.	89
Заключение	90
Список использованных источников	91

Введение

Целью выполненной выпускной квалификационной работы являлось изучение зонально-региональных особенностей взаимодействия конденсаторов «Ямбург - Уренгой» и «Уренгой - Сургут» ООО «Газпром переработка» с окружающей средой в условиях Западно-Сибирской криолитозоны.

Результатом выполненной работы явилась оценка условий эксплуатации конденсаторов и выработка рекомендаций по повышению их конструктивной надежности и безопасной эксплуатации в условиях Западно-Сибирской криолитозоны.

Головная часть Единой трубопроводной системы нефтегазоснабжения России, берущая начало на севере Тюменской области и проходящая в пределах первой тысячи километров по многолетнемерзлым грунтам, не имеет аналогов в мировой практике по сложности и уникальности геолого-географических (в том числе геокриологических) условий, беспрецедентна в мировой практике и предъявляет особые требования к надежности и безопасности.

Это приводит к ряду особенностей в подходах к проектированию, строительству и эксплуатации трубопроводов, в том числе к проведению мероприятий по диагностике технического состояния линейной части и мониторингу трасс, техническому обслуживанию и ремонту. По мере старения трубопроводных систем первоочередной оказалась проблема повышения надежности и ресурса трубопроводов, чему способствовали следующие обстоятельства.

Во-первых, большинство промысловых и начальные участки газотранспортных систем сооружены и проектируется к строительству на Севере России, в регионах со сложными природно-климатическими и

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсаторпровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Шарапов М.П.									
Руковод.		Наплёков В.И.								1	23
Консульт.		Саруев А.Л.						ТПУ ИПР гр. 2Б2А			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.									

геолого-географическими условиями. Для технического состояния трубопроводов определяющее значение в этих условиях имеет взаимодействие трубопроводов с криолитогенной основой природно-территориальных комплексов (ПТК), физические параметры и техногенная эволюция которых определяются климатическими, физико-географическими, инженерно-геологическими, инженерно-криogeологическими, литофациальными, гидрогеологическими и другими внешними и внутренними условиями. Это является причиной большого разнообразия механизмов взаимодействия природы и инженерных сооружений и широкого спектра негативных последствий при одинаковых техногенных воздействиях на природную среду Севера. Сказанное предъявило повышенные требования к материалам труб, сварных соединений, изоляции, методам строительства, применяемым техническим решениям.

Во-вторых, неблагоприятна «возрастная» структура трубопроводных систем, в том числе проложенных в районах Тюменского Севера.

В-третьих, по масштабам выполненного трубопроводного строительства на Севере, мощностям трубопроводных систем и их параметрам, применению централизованного управления отечественная нефтегазовая промышленность значительно отличается от зарубежных.

Именно поэтому разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, реконструкция и модернизация трубопроводных систем с целью продления срока службы, совершенствование и внедрение современных методов комплексной диагностики систем транспортировки углеводородного сырья и на этой основе внедрение выборочных методов реконструкции и ремонта «по состоянию», или остаточному ресурсу, разработка мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность при освоении ресурсов Севера отнесены в ОАО «Газпром» к наиболее приоритетным направлениям научно-технического прогресса.

					Введение	Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для обеспечения необходимой надежности нефтегазотранспортных систем в отрасли регулярно проводятся плановые инженерно-технические мероприятия, включающие в том числе работы по техническому обслуживанию и выборочному ремонту линейной части на основе результатов комплексной диагностики трубопроводных систем.

Учитывая объективные тенденции развития трубопроводного транспорта, стало очевидным, что для практического решения проблемы повышения надежности необходимо было перейти на новый уровень постановок задач создания и эксплуатации трубопроводных систем и методов их решения. Сказанное предполагало не только теоретическое совершенствование концепции надежности, но и подъем на новый качественный уровень практических аспектов ее решения.

					Введение	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Обзор литературы

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях Российской Федерации, нормативно-законодательные акты Российской Федерации.

Основными источниками, на основе которых проводился анализ геологической прокладки, явились работы Ремизова В.В., Сулейманова Р.С., Чигир, Егурцова С.А., Кулькова А.Н., Пазиняк В.В.

На основе работ «Оценка параметров конструктивной надежности длительно эксплуатируемых трубопроводов западной Сибири» Мясникова В.А., «Основы комплексной диагностики северных трубопроводов. Наземные исследования» Хренова Н.Н., «Агрессивность почв и грунтов трасс подземных газопроводов» Ланчакова Г.А., Степаненко А.И. проведен анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.

Также был рассмотрен ряд законодательных документов. Такими документами явились: СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы (актуализированная версия СНиП 2.05.06-85*), РД 51-4.2.-003-97 Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов, ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения, РД 51-4.2.-003-97 Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов, СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы (актуализированная версия СНиП 2.05.06-85*), ВРД 39-1.10-049-2001 Правила технической и безопасной

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Шарапов М.П.			Обзор литературы				Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Наплёков В.И.									4	23	
Консульт.		Саруев А.Л.							ТПУ ИПР гр. 2Б2А				
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.											

эксплуатации конденсатопродуктопроводов, ГОСТ Р 15.011-96 «Патентные исследования. Содержание и порядок проведения».

На основе работ «Повышение надежности газопроводов в сложных условиях» Харионовского В.В., «Стеклопластиковые муфты. Преимущества, недостатки, направления совершенствования и расширения области применения» журнала «Сфера нефтегаз», Семченко В.К., Низьев С.Г., Ронис А.Л., Низьева Ю.С. «Заводская изоляция труб – вчера, сегодня, завтра» Семченко В.К., Низьева С.Г., Ронис А.Л., Низьевой Ю.С., «Опыт внедрения металло-стеклопластиковых муфт с болтовой затяжкой типа РСМ, используемых для ремонта газопроводов на объектах ООО «Севергазпром»» журнала «Нефтегаз» разработаны технические решения, направленные на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.

Расчёт трубопровода на прочность производился в соответствии с РД 51-4.2.-003-97 «Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов» и СНиП 2.05.06-85* «Магистральные трубопроводы».

					Обзор литературы	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов, результатов выполненных ранее диагностических обследований и испытаний.

1.1 Анализ данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут».

Конденсатопроводы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» проложены подземно и испытывают на себе воздействие разнообразных природных процессов. Нестабильность обстановки усиливают даже незначительные нарушения растительного покрова или почвогрунтов, что постепенно приводит к изменению состояния вмещающих пород, а затем и к отклонениям оси трубопровода от проектного положения, то есть к потере устойчивости положения трубопровода. В процессе пространственных перемещений на отдельных участках трубопроводов возникают деформации и непроектные напряженно-деформированные состояния.

Нестабильная, изменчивая природная обстановка, особенно болот и торфяников, неблагоприятна для эксплуатации трубопроводов. Наиболее динамично в техногенных условиях состояние грунтов на границах разных ландшафтов, контролирующих, как известно, границы распространения различных типов многолетнемерзлых пород (ММП).

Трансзональные конденсатопроводы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» спроектированы, построены и эксплуатируются на севере Тюменской области. Их общая протяженность составляет около 900 км. Трубопроводы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» взаимодействуют с природно-территориальными комплексами (с севера на юг) следующих физико-географических зон и подзон: подзоны южной тундры (0-130 км); подзоны

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Шарапов М.П.			Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Наплёков В.И.					6	23	
Консульт.		Саруев А.Л.				ТПУ ИПР гр. 2Б2А			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.							

северной лесотундры (130-165 км, примерно, до Северного Полярного круга), подзоны южной лесотундры (165-220 км), подзоны северной тайги (220-226 км трассы «Ямбург-Уренгой» и 0-340 км трассы «Уренгой-Сургут», примерно, до Сибирских Увалов) и средней тайги (340-697 км).

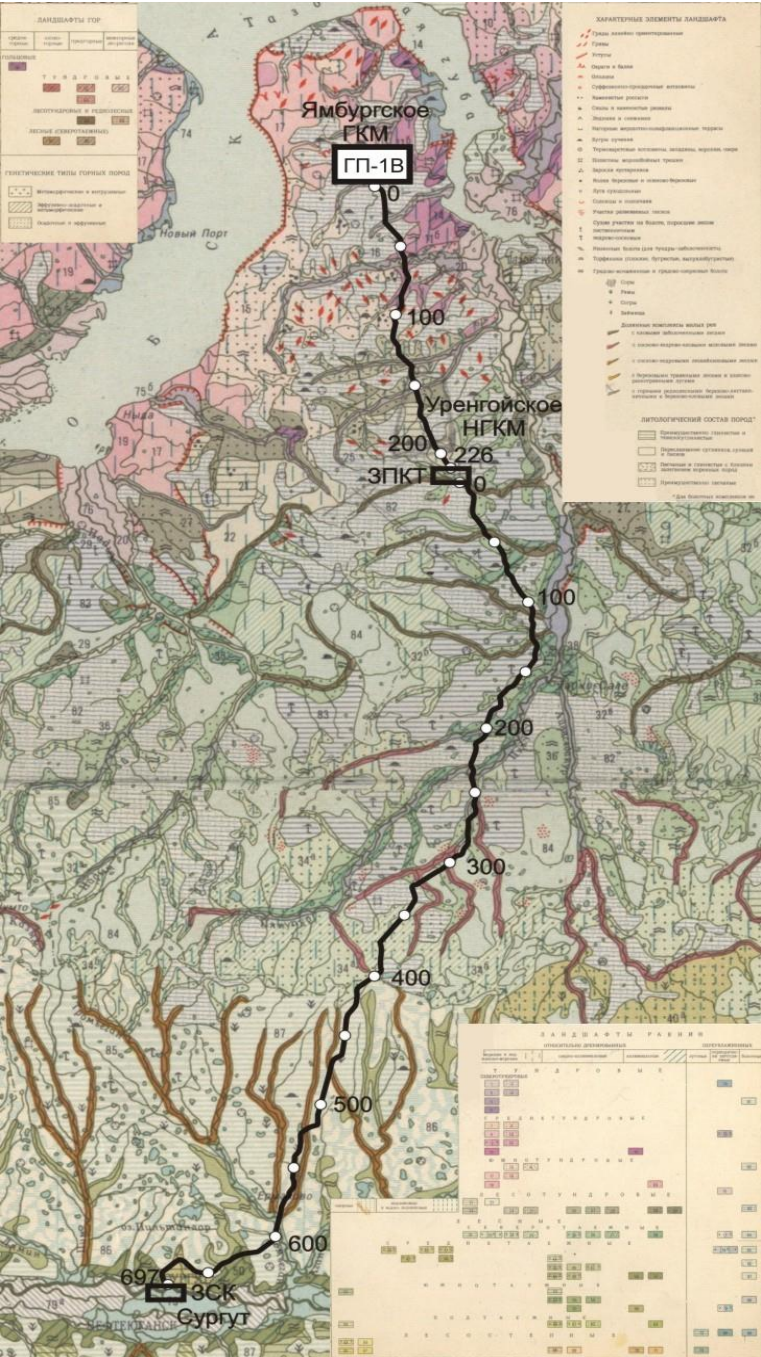


Рисунок 1.1–Трасса конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» в связи с зонально-подзональными ландшафтами Западно-Сибирской равнины

От природной зоны к зоне, и в пределах каждой из природных зон и подзон происходит частая смена почвенно-грунтовых и геокриологических условий. В зоне тундры (0-130 км) трасса проходит в основном по сплошным многолетнемерзлым породам (ММП). В зоне лесотундры - по районам сплошного с несквозными таликами на междуречьях распространения ММП (130-220 км). В подзоне северной тайги (220-226 км трассы «Ямбург-Уренгой» и 0-340 км трассы «Уренгой-Сургут») – сначала по районам массивно-островного, или прерывистого, примерно, до 104 км трассы «Уренгой-Сургут», а затем - островного распространения ММП (примерно, 104-340 км трассы «Уренгой-Сургут»). В подзоне средней тайги – сначала по районам мелкоостровного (340-490 км трассы «Уренгой-Сургут», примерно, в пределах Сибирских Увалов), а затем спорадического распространения ММП (490-697 км трассы «Уренгой-Сургут»).

Согласно общему геокриологическому районированию [1] Западно-Сибирской плиты, трасса конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» с севера на юг пересекает ряд геокриологических областей: Тазовскую, Надым-Пуровскую, Сибирско-Увальскую и Назым-Среднеобско-Вахскую.

1.2. Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут»

Потенциально опасные участки (ПОУ) трубопроводов возникают и развиваются, прежде всего, на пересечениях в водными преградами, авто- и железными дорогами, другими трубопроводами. В условиях криолитозоны к перечисленным неблагоприятным ситуациям для надежной эксплуатации трубопроводов добавляются участки трасы с торфяниками и другими высокольдистыми грунтами оснований, или так называемыми слабыми грунтами, обладающими низкой несущей способностью.

Основополагающим критерием надежности трубопровода является взаимосвязанное и взаимообусловленное устойчивое пространственное положение его на проектных отметках, сохранность обвалования и гидроизоляционного покрытия. В случае подводных переходов надежность

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эксплуатации гарантируется при отсутствии контакта трубы с водным потоком. Глубину заложения трубопровода до верха трубы следует принимать не менее 1,5 м в соответствии со СНиП [9]. Расстояние 1,5 м между верхней образующей трубы и поверхностью земли является критерием надежной эксплуатации трубопроводов, проложенных подземно на междуречьях.

Основными конструктивными элементами, контролирующими пространственное положение трубопровода, являются, как известно, углы поворота (они частично принимают на себя функцию компенсации продольных перемещений трубопроводов), водопропуски в пределах заболоченных междуречий, компенсационные участки на протяженных прямолинейных частях трубопроводов, подводные и воздушные переходы через водные преграды, пересечения с автомобильными и железными дорогами (обустроенные кожухами, не контактирующими с трубой), другими трубопроводами (обустроенные надежными ложементами, исключаящими прямой контакт пересекающихся трубопроводов) и некоторые другие.

Количество и величина углов поворота обусловлены, главным образом, генеральным направлением трубопроводной трассы и необходимостью обхода на этом направлении населенных пунктов, озер, топяных болот, многолетних бугров пучения, обустройства безопасных переходов через водные преграды, автомобильные и железные дороги и т.п.

Конденсатопровод «Ямбург-Уренгой».

Конденсатопровод «Ямбург-Уренгой» построен в пределах подзоны южной тундры и лесотундры. 1-ая нитка (диаметр трубы 377х7) введена в эксплуатацию в 1991 году, 2-ая нитка (диаметр трубы 530х7,1) – в 2004 году. Протяженность трубопроводной трассы составляет 226 км. Конденсатопровод проектировался и был построен для транспортировки продукта с отрицательными температурами, построен подземно в обваловании.

Согласно технологическому регламенту на эксплуатацию конденсатопровода нестабильного конденсата «Ямбург-Уренгой» (г. Оренбург, 1991), по технологии транспортировки продукта на головной установке УКПГ-

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1В ООО «Газпром-добыча-Ямбург» производится его охлаждение до -5°C . Конденсатопровод «Ямбург-Уренгой» имеет начальную отрицательную температуру перекачиваемого продукта и проходит последовательно через зоны низкотемпературных (среднегодовая температура грунта ниже -5°C) и пластичных (среднегодовая температура грунта до -1°C) многолетнемерзлых пород и талых грунтов в несквозных и сквозных таликах. Распределение реальных температур по трассе показано в таблице 1.1.

Таблица 1.1– Фактически достигнутые температуры на УУ поставщиков и потребителей МК «Ямбург-Уренгой» за 2012г.

Дата (период)	УКПГ-1В		Нортгаз 58 км		УКПГ-11В 124 км		ЗПКТ	
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$
янв.12	-5	-1	-2	4	-7	-4	0	0
фев.12	-5	2	-1	7	-7	-3	0	0
мар.12	-5	-2	-4	7	-8	-4	0	0
апр.12	-4	-1	-4	10	-7	-3	0	0
май.12	-5	4	-3	13	-8	-3	0	0
июн.12	-5	4	-6	14	-6	4	0	2
июл.12	-5	-1	-8	13	-4	0	2	7
авг.12	-5	-2	-6	5	-3	2	4	7
сен.12	-5	0	-4	15	-7	5	3	6
окт.12	-5	0	-4	4	-9	-2	1	4
ноя.12	-5	-1	-4	4	-9	-2	0	1
дек.12	-5	-1	-4	4	-12	-3	0	1

Дата (период)	УКПГ-1В	Нортгаз	УКПГ-11В	ЗПКТ
	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$
ИТОГО	-2	2	-3	2

Среднегодовая температура ММП и мощность слоя сезонного протаивания зависят от состава поверхностных отложений, положения участка в рельефе и растительности, которые определяют основные геокриологоформирующие факторы: увлажненность пород, мощность и плотность снежного покрова. Наиболее суровыми геокриологическими условиями (самые низкие температуры и минимальное протаивание) характеризуются открытые (незалесенные) заторфованные участки и торфяники, распространенные как в тундровой, так и в лесотундровой зоне. Наиболее высокие среднегодовые температуры ММП и максимальные глубины сезонного протаивания отмечаются в лесотундре, на приподнятых в рельефе

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

хорошо дренированных участках, сложенных с поверхности песчаными и супесчаными отложениями (прибровочные части террас, песчаные гривы на высокой пойме и др.). Участки, сложенные с поверхности суглинистыми отложениями, в геокриологическом отношении являются переходными между пониженными заторфованными и повышенными песчаными.

В зоне лесотундры наряду с сезонно-оттаивающими породами появляются участки сезонно-промерзающих (с глубокозалегающими ММП) пород. Они занимают незначительные площади и приурочены, главным образом, к прибровочным частям речных террас, сложенных песками и покрытых березово-лиственничным редколесьем, и к полосам (ложбинам) стока.

Одной из важнейших проблем, не решенных до последнего времени проектировщиками и строителями трубопроводных систем Севера, является минимизация продольных перемещений трубопроводов в период их эксплуатации. Следствием этого является очень распространенная проблема потери устойчивости положения трубопроводов, с чем в свою очередь связано возникновение многочисленных видов (типов) повреждений, дефектов и также техническое состояние трубопроводов в целом. Это всплытие, «змейки», «арки» в одних условиях и погружение в грунты оснований в других, а также тесно связанное с этими деформациями напряженно-деформированное состояние участков трубопроводов.

Сначала предполагалось подавать в трубопровод продукт с температурой минус 13°С с целью сохранения вмещающих трубопровод многолетнемерзлых пород (ММП) в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации объекта на всем протяжении трассы. Затем эту цифру повысили до минус 5°С. При этой температуре, согласно проекту, температура конденсата должна была оставаться зимой в пределах минус 5-6°С на всем протяжении трассы «Ямбург-Сургут». Летом же температура продукта в трубопроводе должна была оставаться отрицательной на расстоянии трассы 0-125 км, а дальше постепенно

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повышаться в положительном диапазоне температур и на участке 170-226 км достигать плюс 5-6°C.

Рекомендации по созданию в криолитозоне «холодного» трубопровода были нарушены в самом начале осуществления этого Проекта. 1-ая нитка конденсатопровода (диаметр трубы 377 мм) была введена в строй в 1991 году, а система охлаждения газоконденсата была задействована, примерно, спустя год. «Теплый» конденсатопровод в течение этого срока успел «растеплить» вмещающие подземный трубопровод многолетнемерзлые породы (ММП). Высокольдистые торфяные и суглинистые ММП основания трубопровода протаяли, просели, траншея обводнилась. В результате этого уже в 1992 году на первых 0-50 км трассы конденсатопровода диагностической бригадой было зафиксировано 8 «арок» выдавливания [4] в техногенных термокарстовых озерцах, образовавшихся, скорее всего, в пределах пересекаемых трубопроводом торфяников, обладающих в талом состоянии, как известно, крайне низкой несущей и заземляющей подземные трубопроводы способностью. К сожалению, эти дефектные участки 1-ой нитки конденсатопровода не были привязаны «диагностами» ни к схеме с километрами трассы, ни к местности. Тем не менее, этот факт сам по себе позволяет сделать важные заключения о большом потенциале самокомпенсации продольных перемещений теплого конденсатопровода с диаметром трубы 377 мм в условиях криолитозоны, с одной стороны, и что теплый конденсатопровод с диаметром трубы 377 мм способен существенно «растеплить» низкотемпературные сплошные южнотундровые ММП на расстоянии не менее 50-60 км в первый год своего функционирования.

Однако трубопровод 1-ой нитки в течение первого года эксплуатации транспортировал конденсат с положительной температурой [4]. Грунты оснований трубопровода, естественно, были «растеплены», протаяли на какую-то глубину, просели, притрубное пространство обводнилось. На наиболее обводненных участках произошла разрядка продольных перемещений трубопровода с образованием так называемых «арок выдавливания», которые

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

было бы правильней назвать участками «самокомпенсации» продольных перемещений трубопровода.

Важно особо отметить, что обводненные участки существуют на всей трассе конденсатопровода «Ямбург-Уренгой», практически начиная с первых ее километров. Резкое сокращение числа обводненных участков трассы на 190-226 км является следствием развития малольдистых супесчано-песчаных отложений в основании конденсатопроводов. Под озерами обязательно развиваются ореолы протаивания. В их пределах трубы взаимодействуют с сезонно-талыми, а, возможно, и с талыми грунтами оснований. На необводненных участках трассы возможно постоянное или сезонное смерзание труб с вмещающими ММП. Чередование этих разнородных участков трассы является весьма неблагоприятным для надежной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой».

Приведенные данные свидетельствуют о том, что попытка сохранить ММП в основании подземных трубопроводов «Ямбург-Уренгой» не удалась. Практически на всем протяжении трассы, в том числе и на первых десятках ее километров, в процессе эксплуатации конденсатопровода вдоль 1-ой и 2-ой ниток сформировались многочисленные термокарстовые озера, в которых трубопроводы в той или иной мере деформированы. Здесь обращает на себя внимание тот факт, что подаваемый продукт с отрицательными температурами во 2-ую нитку, которая построена и ведена в строй уже при наличии установки охлаждения, также не сумел предотвратить развитие негативных термокарстовых процессов в ММП вдоль трубопровода. Этому, казалось бы, должен был существенно способствовать больший по сравнению с 1-ой ниткой (диаметр трубы 377 мм) диаметр трубопровода 2-ой нитки (диаметр трубы 530 мм).

По всей вероятности, проектируемое сохранение ММП в основании трубопроводов позволило проектировщикам отказаться не только от компенсационных участков, но также и от строительства водопропусков на

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

болотах междуречий и даже от прокладки трубопроводов в песчаных насыпях на пересекаемых трассой торфяниках.

Грунты в основании конденсатопроводов в основном льдистые, высокопучинистые и сильнопросадочные. Проблема обеспечения надежной их эксплуатации осложняется тем, что очень трудно найти единый подход ко всему многообразию внешних факторов. Так, отрицательная температура перекачиваемого продукта, относительно благоприятная на низкотемпературной мерзлоте, на талых речных поймах усугубляет процессы неравномерного морозного пучения, которые чрезвычайно опасны для трубопроводов

Конденсатопровод Уренгой-Сургут.

1-ая нитка конденсатопровода Уренгой-Сургут построена в 1982-1984гг. Введена в эксплуатацию в 1985 г. Ввод в эксплуатацию 2-ой нитки производится поэтапно, начиная с 1993 года: участок 0-104,6 км – в 1993 году; участки 283,8-507,5 и 567,8-698,0 км – в 1995 году. Участок 0-8,6 км (подводящие трубопроводы - диаметр 530 мм, толщина стенки трубы 7,1 мм) введен в эксплуатацию в 1990 году. Участок 696,5-698,5 км (трубопроводы - диаметр трубы 720 мм, толщина стенки трубы 7,6 мм) введен в эксплуатацию в 1993 году. Проект 1-ой нитки разработан в 1979 году, 2-ой нитки – в 1989 году. Трубопроводы построены подземно в обваловании. Пересечения с водотоками обустроены исключительно в виде подводных переходов.

Согласно технологическому регламенту на эксплуатацию конденсатопроводов Уренгой-Сургут, продукт подается в трубопроводы при температуре плюс 35°C (Рисунок 1.2).

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

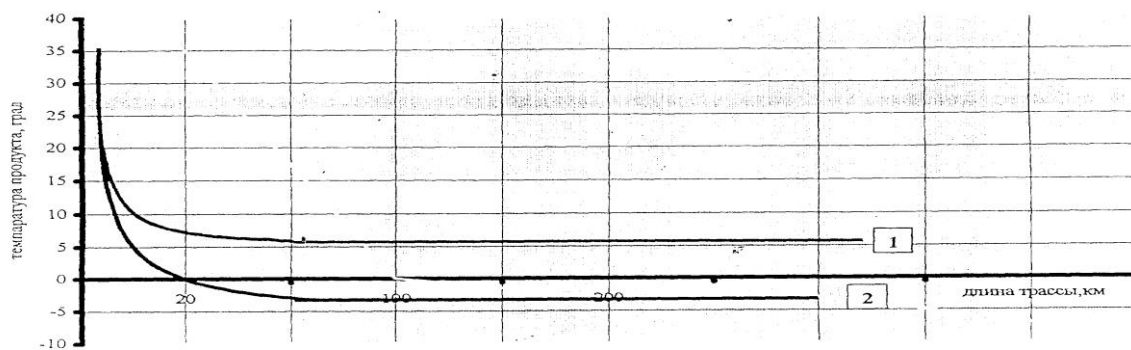


Рисунок 1.2–Технологический регламент на эксплуатацию конденсатопровода «Уренгой-Сургут» в связи с его разогревом до плюс 35°С

На головном его участке 0-20 км прогнозировалось снижение температуры продукта до 0°С зимой и до плюс 7°С летом. На протяжении последующих 20-50 км трассы предполагалось дальнейшее снижение температуры продукта до минус 4°С зимой и плюс 6°С летом. При этой же температуре, согласно регламенту температура газоконденсата должна была оставаться зимой в пределах минус 4°С, а летом – около плюс 6°С на всем остальном протяжении трассы конденсатопровода Уренгой-Сургут.

Конденсатопровод «Уренгой-Сургут» на участке 0-104 км («0» км – забор ЗПКТ ООО «Газпром переработка») трасса конденсатопровода проходит по сильно заболоченным и заторфованным междуречьям рек Ево-Яха и Ямсовей, Ямсовей и Ягенетта. В его пределах оборудован всего лишь один компенсационный участок на 73,6-73,8 км.

Далее на юг трасса конденсатопровода сначала на значительном протяжении (104-228 км) проходит по левобережному приречьям рек Пур и Пяку-Пур. Затем на участке 228-330 км трасса проходит по правобережному приречью р. Апака-Пур. Далее на юг трасса также проходит в основном по приречьям рек: сначала северного склона Сибирских увалов (335-408 км трассы), затем - южного склона Сибирских увалов (408-450 км трассы), далее – по приречьям правобережной равнины широтного отрезка р. Обь. Грунты оснований трубопроводов в приречьях менее заболочены и заторфованы, слабо заозерены, что относительно благоприятно для приуроченных к ним участков

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

конденсатопроводов. Однако трасса на этом участке пересекает долины многочисленных притоков р. Пур в их нижнем течении, где конденсатопроводы опасно взаимодействуют со слабыми грунтами обширных речных пойм, что крайне неблагоприятно для надежной эксплуатации трубопроводов. Особенно неблагоприятны участки трассы на пересечениях пойм рек Тыдыотта на 118-123 км (ширина поймы около 5 км) и Пяку-Пур на 120-130 км (ширина поймы около 10 км), изобилующих многочисленными протоками и старичными озерами.

В процессе эксплуатации теплых конденсатопроводов, в условиях криолитозоны грунты оснований обычно оттаивают, резко изменяя несущую способность и свои прочностные свойства, оказывая при этом негативные воздействия на трубопроводы, создавая в отдельных случаях критические ситуации.

					Анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», данных о геологических условиях прокладки конденсатопроводов.	Лист 16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.

К настоящему времени достоверно установлено, что техническое состояние, в том числе повреждения и отказы северных трубопроводов в период их устойчивой эксплуатации, предопределяются, прежде всего, характером их взаимодействия с природной средой территории, обычно негативным для надежности инженерных объектов изменяющейся (техногенные просадки поверхности, заболачивание трассы, речная и овражная эрозия и т.п.) в условиях нефтегазового освоения мерзлотных территорий. Уровень устойчивости к техногенным воздействиям тундровых природно-территориальных комплексов (ПТК) на много ниже такового лесотундровых ПТК, устойчивость к техногенезу лесотундровых ПТК значительно ниже таковой в таежной зоне, а негативная реакция ПТК на однотипные техногенные вмешательства резко возрастает с юга на север.

Нестабильность многолетнемерзлых грунтов оснований трубопроводов в процессе их эксплуатации провоцирует возникновение большого разнообразия видов потери устойчивости положения северных трубопроводов и сопутствующих им повреждений и дефектов, имеющих механическую природу. Можно утверждать, что воздействие на надежность эксплуатации трубопроводов северных природных и природно-техногенных факторов (многолетнемерзлые породы, большие межсезонные и междусуточные перепады температур воздуха, динамичное переформирование русел рек и ручьев, овражная эрозия, термокарст и просадка грунтов оснований

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Шарапов М.П.				Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Наплёков В.И.						17	23
Консульт.	Саруев А.Л.					ТПУ ИПР гр. 2Б2А		
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.							

сооружений, речные наледи и др.) не менее разрушительно (опасно), чем воздействие коррозии металла в южных и центральных регионах России.

Дефекты и отказы трубопроводов в криолитозоне чаще всего возникают из-за техногенно-климатической активизации следующих процессов: а) просадки грунтов оснований в связи с термокарстом; б) речной и овражной термоэрозии грунтов основания; в) сезонной термоабразии грунтов основания; г) подтопления трасс при перекрытии стока поверхностных (болотных) и грунтовых вод трубопроводами, автодорогами и различными насыпями и т.п..

Многолетние исследования авторов в коридорах трубопроводных систем на севере Западной Сибири позволяют с уверенностью утверждать, что потенциально опасные участки (ПОУ) наиболее часто приурочены к руслам рек, речным и озерным поймам, болотам, торфяникам и заболоченным землям.

Болотные и торфяные грунты занимают обширные пространства криолитозоны и представляют собой весьма ненадежные грунтовые основания для закрепления трубопроводов. На таких поверхностях во всех коридорах трубопроводных систем отмечены многочисленные случаи потери устойчивости пространственного положения трубопроводов.

Анализ проектной и исполнительной документации показывает, что появление подобных потенциально-опасных участков, как правило, обусловлено недостаточным учетом геокриологических и гидрогеологических условий болотных и торфяных массивов на стадии проектирования. Мерзлые болотные, прежде всего – топяные и торфяные массивы представляют собой весьма сложные геосистемы и их целесообразно, при малейшей возможности, выводить из зоны освоения. В случае вовлечения их в освоение необходима сложная, дорогостоящая инженерная подготовка грунтового основания трубопровода, предусматривающая «выторфовку» траншеи, укладку нетканого материала или футеровку траншеи для защиты минеральных грунтов основания от размыва, обустройство водопропусков и прокладку дренажных канав с целью отвода поверхностных и грунтовых вод, балластировку и прочие

					Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						18

мероприятия. В этом случае надо руководствоваться не экономической эффективностью строительных затрат, а максимально щадящей грунты основания адаптацией трубопровода к мерзлотно-геоэкологическим условиям его эксплуатации, которая будет гарантом безотказной работы трубопроводной системы. Только надежное (хотя бы относительно сухое и слабо льдистое) грунтовое основание гарантирует стабильное (проектное) проложенного в криолитозоне трубопровода в период его эксплуатации.

Многочисленные потенциально опасные участки (ПОУ) конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут, возникшие на болотах, торфяниках и заболоченных землях (всплывшие участки, арки выдавливания, то есть выгибы, в одних местах и «утонувшие» участки, или прогибы, в других) объяснимы (понятны) на трубопроводах, построенных в 70-80-ых годах прошлого столетия, так как к моменту их проектирования в 60-70-ые годы и строительства не существовало достаточного северного опыта и обустройство трубопроводом в криолитозоне шло «по прогнозу». ПОУ этого же генезиса на конденсатопроводах, построенных в 80-90-ые годы и позже, вызывает удивление, так как они уже могли и проектироваться, и строиться не «по прогнозу, а «по опыту».

Изучение и обобщение опыта эксплуатации трубопроводов в условиях криолитозоны показывает, что основными причинами снижения надежности трубопроводных систем являются:

1. Недостаточная инженерная компенсация продольных перемещений трубопроводов. Изучение опыта эксплуатации трубопроводов Уренгойского НГКМ свидетельствует, что практически на всех прямых участках трубопроводов диаметром 1420 мм протяженностью 5-6 км и более возникают участки самокомпенсации, приуроченные к слабым грунтам: торфяникам, озерным поймам и хасыреям на междуречьях и поймам, особенно к их притеррасным понижениям, в речных долинах.

2. Недостаточная инженерная система водопропусков на болотах, часто

					Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лист 19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

не способная предупредить техногенное заболачивание и подтопление трассы.

3. Заниженный прогноз глубинной эрозии русел водотоков в местах обустройства подводных переходов.

4. Заниженный прогноз размыва береговой линии водотоков в местах обустройства подводных переходов (в результате чего нередко происходит овражный размыв грунтового основания трубопроводов в приречьях).

5. Особо опасной является подрезка траншеями болотных вод и в особенности озерных котловин, способная спровоцировать в многоводные годы «залповые» спуски болотных и озерных вод вдоль траншей в близлежащие речные долины, способные не только повредить, но нередко и разрушить трубопровод.

Потенциально опасные участки, наблюдаемые на подводных переходах трубопроводов через водотоки, чаще всего связаны с интенсивным естественно-историческим и в особенности техногенным переформированием русел водотоков, не полностью реализованным в доиндустриальный период из-за повышенной по сравнению с тальми породами сопротивляемостью многолетнемерзлых пород к размыву в естественных условиях.

По-видимому, просчеты проектировщиков конденсатопроводов, отмеченных в этих случаях, связаны с недостатком полученных при предпроектных изысканиях сведений по гидрологическому режиму и динамике переформирования русел пересекаемых трубопроводными трассами водотоков, а также по термическому режиму и льдистости ММП в пределах заболоченных и заторфованных участков трубопроводных трасс. Результатом недостаточности гидрологического обеспечения Проекта стал ошибочный (сильно заниженный) прогноз линии размыва речных берегов и дна в створах подводных переходов конденсатопроводов через водотоки и озера [7]. Результатом недостаточности криолитологического обеспечения Проекта стало пренебрежительное, по нашему мнению, отношение строителей к торфяникам

					Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лист 20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

как главному деструктивному для трубопроводов фактору в пределах криолитозоны.

На основании анализа имеющейся архивной документации, условий и режимов эксплуатации конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» необходимо отдельно рассмотреть две требующие различных подходов при эксплуатации его части: «холодный» конденсатопровод «Ямбург-Уренгой», транспортирующий газоконденсатную смесь с неудачной попыткой ее охлаждения до отрицательных температур с целью сохранения ММП в основании трубопроводов, и конденсатопровод «Уренгой-Сургут», транспортирующий нефтегазоконденсатную смесь с несвойственными для грунтов региона очень высокими температурами (70°C [2, с. 287] на выходе и 20-30°C на расстоянии около 30 км от Уренгойского ЗПКТ), зафиксированными летом 1992 года [4]. Результат – растепление многолетнемерзлых торфяников, интенсивный термокарст, обводнение трассы, всплытие, погружение вглубь грунтов и уход в сторону от проектного положения оси трубопровода участков трубопроводов.

2.1. Конструктивные факторы.

Конденсатопровод Ямбург-Уренгой:

1) неверно рассчитанные вертикальные углы поворота трубопроводов на переходах через реки и ручьи в связи с неудовлетворительным гидрологическим прогнозом линии размыва; непроектное, круто падающее заглубление трубопроводов под русла рек в полосе 50-100 м от уступов речных долин;

2) недостаточное в связи с неверным прогнозом эрозии заглубление трубопроводов под руслами многих рек и ручьев;

3) переоценка возможностей холодного трубопровода по вмораживанию трубопроводов во вмещающие ММП и пренебрежительное в связи с этим отношение проектировщиков к проблеме компенсации продольных перемещений трубопроводов и инженерного дренирования трасс посредством водопропусков;

					Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						21

4) отсутствие компенсационных участков и водопропусков.

Конденсатопровод Уренгой-Сургут:

1) недостаточное заглубление трубопроводов под руслами многих рек, ручьев и озерами;

2) отсутствие компенсационных участков на конденсатопроводе «Уренгой-Сургут».

2.2. Технологические факторы.

Конденсатопровод Ямбург-Уренгой:

1) несоблюдение регламента охлаждения продукта на УКПГ-1В ООО «Газпром добыча Ямбург», в особенности, в первый год эксплуатации конденсатопровода Ямбург-Уренгой;

2) снижение связи с непроектным растеплением грунтов заземляющей способности грунтов оснований;

3) широкое развитие процессов самокомпенсации и обусловленных ею случаев потери устойчивости положения в связи с продольными перемещениями трубопроводов;

4) возникновение многочисленных оголенных участков с обводнением и на суходолах, что обусловило непроектные условия теплообмена охлаждаемых трубопроводов с окружающей средой;

5) возникновение многочисленных участков с оголением или недозаглублением трубы;

6) возникновение и развитие на потерявших устойчивость положения участках напряженно-деформированных состояний.

Конденсатопровод Уренгой-Сургут:

1) высокие температуры подаваемого в трубопроводы конденсата с ЗПТК ООО «Газпром переработка» и нефти с ЦПС-2 ООО «Газпром Уренгой добыча Уренгой»;

					Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.	Лист 22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2) транспортировка трубопроводами вместе с продуктом тепла и разогрев до высоких положительных температур почвогрунтов на первых десятках километров трассы;

3) создание на контакте трубопроводов с вмещающими грунтами несвойственного для региона температурного режима, благоприятствующего максимально возможному проявлению почвогрунтовой коррозии металла труб.

2.3. Эксплуатационные факторы:

1) непроектное протаивание ММП и обусловленные этим просадочные явления в грунтах оснований;

2) остановки и пуски трубопроводов в связи с ремонтными и профилактическими работами;

3) скачки давления в трубе;

4) износ гидроизоляции;

5) коррозионный износ стенки трубы.

					<i>Анализ конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», расположенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов.</i>	<i>Лист</i>
						23
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3. Разработка алгоритма расчетной оценки показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут» по результатам диагностических обследований с учетом данных проектно-изыскательской и эксплуатационной документации и выявленных дефектов и повреждений.

Требования, предъявляемые к таким ответственным энергетическим сооружениям, как магистральные конденсаторы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут», обуславливают разработку новых вопросов об их надежности, исходя из современных достижений. В первую очередь сюда необходимо отнести вопрос о прогнозировании показателей надежности, разработке алгоритмов их количественного описания для применения в проектировании и эксплуатации.

3.1 Основные характеристики конструкции линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут»

К линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» относятся собственно трубопровод с линейной арматурой, переходами через естественные и искусственные преграды. В дальнейшем под ЛЧК мы будем понимать только трубопровод (нитка из цельнотянутых, сварных прямошовных труб с антикоррозионным покрытием).

К основным характеристикам конструкции ЛЧК относятся следующие группы данных:

- конструктивная схема прокладки конденсатора;
- геометрические размеры конденсатора на всем протяжении трассы;

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсаторпровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Шарапов М.П.				Разработка алгоритма расчетной оценки показателей надежности участков линейной части конденсаторпроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут» по результатам диагностических обследований с учетом данных проектно-изыскательской и эксплуатационной документации и выявленных дефектов и повреждений.	Лит.	Лист	Листов			
Руковод.	Наплёков В.И.							24	23		
Консульт.	Саруев А.Л.					ТПУ ИПР гр. 2Б2А					
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.										

– основные пространственные характеристики конструктивных элементов с указанием допускаемых отклонений от номинальных размеров, включая искажения формы изделий (номинальный наружный D_n и внутренний $D_{вн}$ диаметры труб, толщина стенки h , допускаемый нормативный разброс этих значений, допускаемое отклонение поперечного сечения трубы от круговой формы, геометрические характеристики формы сварных швов и т.п.).

– физико-механические, включая прочностные, свойства применяемых материалов и аналогичные характеристики металлов в зоне сварных швов. Состав и объем необходимой информации должен быть составлен или скорректирован с учетом выбранных для реализации расчетных схем;

– данные о начальной и/или текущей дефектности материала труб, включая перечень возможных дефектов, данные о плотности и размещении дефектов в теле трубы;

К основным характеристикам трассы в целом относятся следующие группы факторов:

– климатические условия вдоль трассы конденсатопроводов, оценки перепадов температур воздуха и почвы, влажность;

– геоморфологические и гляциокриологические условия вдоль трассы: качественные и количественные характеристики рельефа в зоне прокладки трассы, предварительные оценки возможных подвижек грунта и их воздействий на трассу. Грунтовые условия, включая минеральный состав и физико-механические характеристики грунтов в зависимости от проектных режимов эксплуатации трубопровода и климатических условий вдоль трассы и т.п. Основные характеристики должны быть определены как функции времени и пространственной координаты.

3.2 Нагрузки и воздействия

Конденсатопровод во время эксплуатации испытывает нагрузки и воздействия, которые, в общем случае, представляют собой пространственно-временные функции. Поэтому, учитывая продолжительность сроков

эксплуатации трубопроводов и высокую изменчивость нагрузок и воздействий, исходная информация о нагрузках и воздействиях должна быть подготовлена с учетом фактора времени.

Различают стандартные и нестандартные условия работы трубопровода. В первом случае для расчета параметров трубопровода реализуют базовую упрощенную процедуру исследования и расчета напряженно-деформированного состояния трубопровода. Для нестандартных условий работы должна быть применена расширенная процедура анализа нагрузок и воздействий на трубопровод и расчета напряженно-деформированного состояния.

Перечислим основные нестандартные условия, характерные для территории прокладки конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут»:

- заболоченные и подтопленные территории;
- зоны вечномерзлых грунтов, подверженных морозобойному растрескиванию и процессам неоднородного морозного пучения. Грунты такого рода вызывают дополнительные нагрузки на трубопровод, что может привести к разрыву или чрезмерному деформированию трубопровода;
- ситуации, при которых происходит обводнение траншеи и размыв засыпки с частичной или полной потерей балластирующей способности. В этом случае возможен выброс трубопровода из траншеи на ослабленном участке с последующим разрушением или возникновением повреждений в зонах с местной потерей устойчивости.

4. Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации

Перед тем как разрабатывать технические решения, необходимо идентифицировать объект, к которому эти решения будут предназначаться. Разберем, что входит в состав линейной части конденсаторов.

В соответствии с пунктом 2.1 правил [16] в состав линейной части конденсаторов входят:

- линейные трубопроводы с лупингами, перемычками, запорной и регулирующей арматурой;
- переходы через естественные и искусственные препятствия;
- узлы подключения насосных станций (при их наличии);
- устройства для заливки метанола, ингибитора коррозии, парафиноотложения (при необходимости);
- узлы пуска и приема очистных и диагностических устройств.

В связи с пониманием того, что входит в состав линейной части, можно сделать вывод: в данной работе, при всем нашем желании и наличии разработок, мы не можем охватить основные и вспомогательные объекты, влияющие на надежность всей транспортной системы.

К таким объектам относятся: устройства электрохимической защиты трубопроводов от коррозии; сооружения связи, телемеханика и КИП; головные насосные станции, основные и вспомогательные насосы; линии

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатора «Ямбург-Уренгой-Сургут»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шарапов М.П.			Лит.		Лист	Листов
Руковод.		Наплёков В.И.					27	23
Консульт.		Саруев А.Л.			ТПУ ИПР гр. 2Б2А			
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.						
					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации			

электропередачи; противозероизийные сооружеия; ёмкости для хранения и т.д.

Далее, определимся с возможными направлениями для разработок технических решений в области повышения надежности и безопасной эксплуатации линейной части конденсаторов.

Надежность и безопасная эксплуатация линейной части конденсаторов, в соответствии с пунктом 2.2 правил [16], должны обеспечиваться следующими мероприятиями:

- периодической внутритрубной дефектоскопией;
- регулярным контролем состояния линейной части трубопроводов, осмотрами и обследованиями с использованием технических средств;
- поддержанием ее в исправном состоянии за счет своевременного выполнения ремонтно-профилактических работ;
- поддержанием максимально возможной гидравлической эффективности;
- своевременной модернизацией и заменой морально устаревшего или изношенного оборудования;
- соблюдением требований к охранной зоне и зоне минимально допустимых расстояний до населенных пунктов, зданий и сооружений;
- своевременным предупреждением и ликвидацией отказов;
- уведомлением руководителей промышленных организаций и администрации населенных пунктов о местонахождении конденсаторов и мерах безопасности, а также планами взаимодействия с соответствующими организациями во время аварийной ситуации на трубопроводе.

На основе анализа конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов влияющих на конденсаторы «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут», анализа данных о произошедших ранее авариях и отказах, выполненных ремонтных работах предлагаем следующие эффективные технические решения, направленные на повышение их надежности и безопасной эксплуатации:

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

– метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт;

– использование при переизоляции конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций.

Рассмотрим причины выбора этих технических решений, преимущества в сравнении с другими действующими технологиями и методами, применяемыми в том числе и на конденсатопроводах «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут».

4.1. Метод ремонта конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт

В мировой практике эксплуатации трубопроводных систем различного назначения актуальной проблемой является восстановление герметичности и прочности дефектных участков труб с целью поддержания проектной производительности трубопроводов в течение длительного времени. Особо важное значение данная проблема имеет для трубопроводов, транспортирующих углеводородное сырье - газ, нефть, конденсат по причине их высокой стоимости, энергоемкости и значительном экологическом ущербе при утечке продукта в окружающую среду в случаях нарушения герметичности стенок труб.

До середины 90-х прошлого столетия в основном применялись всевозможные стальные заплаты и конструкции, с единственной целью – продлить эксплуатацию до проведения капитального ремонта, когда станет возможным заменить дефектный участок. И в настоящее время производство ремонтных работ методом вырезки и замены труб является наиболее кардинальным, но не всегда предпочтительным решением проблемы, в связи с большим объемом затрат.

Если основные финансовые потери, связанные с остановкой прокачки продукта, можно избежать за счет врезки под давлением и устройства байпаса,

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

то без применения тяжелой техники и, как следствие, высокой трудоемкости работ не обойтись. Ко всему прочему не всегда есть возможность доставить технику и оборудование к месту ремонта. Но даже если не считать деньги и пойти на все любой ценой, то возникнет вопрос о сроках проведения работ, которые, как правило, ограничены сезоном или сроком остановки производства, что особенно актуально для условий прокладки конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут».

Широкое использование внутритрубных и наружных средств приборной диагностики дает возможность достаточно достоверно устанавливать характер и распределение дефектов стенки труб по длине трубопровода. Существуют методы оценки степени опасности дефектов и ранжирования их по мере этой опасности. В зависимости от меры опасности и факторов, влияющих на скорость развития дефектов, назначаются различные методы ремонта дефектных участков труб.

В последние 10-15 лет акцент методов ремонта в мировой практике смещается в сторону более широкого использования муфтовых технологий, альтернативных вырезкам трубных катушек и плетей с дефектами. В целом ряде случаев муфтовая технология является безальтернативным методом ремонта, например, при утечках продукта на подводных трубопроводах, подземных газо- и нефтепроводах. Кроме того, муфтовая технология незаменима в качестве временной меры для ремонта критических или сквозных дефектов при невозможности в данное время остановить перекачку продукта.

Представим сводную таблицу 4.1 по технологичности применяемых на данный момент методов ремонта:

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						30

Таблица 4.1–Технологичность методов ремонта

Технология	Полная остановка перекачки продукта	Экологичность	Сложность выполнения	Громоздкость оборудования	Объем сварочных работ	Надежность	Стоимость ремонта
Замена участка с остановкой трубопровода	Да	Плохая	Высокая	Да	Средний	Высокая	Высокая
Замена участка без остановки трубопровода	Нет	Хорошая	Высокая	Да	Высокий	Высокая	Высокая
Манжеты Clock Spring	Нет	Хорошая	Средняя	Нет	Нет	Высокая	Средняя
Сварная стальная муфта	Да/Нет	Плохая/ Хорошая	Средняя	Нет	Средний	Средняя	Низкая
Композитно-муфтовая технология	Нет	Хорошая	Высокая	Да	Низкий	Средняя	Средняя
Композитная муфта RES-Q	Нет	Хорошая	Средняя	Нет	Нет	Высокая	Низкая
Стеклопластиковые муфты РСМ	Нет	Хорошая	Низкая	Нет	Нет	Высокая	Низкая

Существует множество различных вариантов ремонтных муфт, различающихся по размерам, материалам изготовления, техническим характеристикам и конструктивным особенностям. Стоит отметить, что все муфты делятся на обжимные и необжимные, причем это касается как стальных, так и композиционных муфт. Исходя их нормативных документов, ремонт с применением необжимной стальной муфты относится к «временному» методу ремонта, а ремонт с применением обжимной стальной муфты – к «постоянному». Принципиальное отличие обжимных муфт состоит в том, что они позволяют компенсировать внутреннее давление на дефектном участке за счет создания контактного давления снаружи.

Стальная сварная муфта

Стальные сварные муфты в заводских и базовых условиях изготавливаются из газонефтепроводных труб с одним продольным швом на каждой полумуфте (верхней, нижней), при этом каждый продольный сварной шов полумуфт должен иметь положительное заключение по результатам неразрушающего контроля физическими методами, расположение продольного

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

шва на каждой полумуфте должно быть на расстоянии не менее 300 мм от продольных сварных швов муфты, выполняемых при монтаже муфты на газопровод.

У широко применяемых сварных обжимных муфт применяемых при ремонтах на конденсатопроводах «Ямбург-Уренгой-Сургут» имеется один существенный недостаток – при установке таких муфт под давлением, близким по уровню к действующему в данном сечении трубопровода, силовой эффект муфты практически не проявляется, поэтому остается уповать на надежность кольцевых монтажных швов, связывающих стенку трубопровода с муфтами. При этом следует учесть, что выполнение угловых швов требует высочайшей квалификации персонала и занимает значительную часть общего времени монтажных работ.



Композитно-муфтовая технология (КМТ) по технологии «Бритиш газ. На дефектном участке центруется и заваривается продольными швами разрезная стальная муфта внутренним диаметром превышающая наружный диаметр трубопровода. Торцы муфты заполняются быстротвердеющим герметиком, а в образовавшееся межтрубное пространство через технологические отверстия нагнетается полимерный отверждающийся компаунд. Это универсальная технология ремонта всех типов дефектов, позволяющая обходиться без остановки прокачки продукта. Для ее реализации необходимы значительные ресурсы.

Рисунок 4.1 – Процесс монтажа КМТ

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Посмотрев на рисунок 4.1, можно представить объем земляных работ и масштабы привлечения специальной и тяжелой техники, трудовых ресурсов в процессе монтажа ремонтных муфт, в том числе и КМТ. Да и качество ремонта сильно зависит от строгого соблюдения технологии ремонта – например, при заполнении межтрубного пространства композитным материалом возможно образование воздушных пузырей, снижающих прочностные свойства данной муфты.



Стремясь уменьшить громоздкость оборудования и сложность выполнения, разработчики ремонтных конструкций обратили свое внимание на композиционные материалы. Плотность стеклопластика в 4 раза ниже плотности стали, но при этом предел прочности выше предела прочности стали в 2 раза.

Рисунок 4.2 – Намотка рулонного стеклопластика

Технология Clock Spring

Эта технология представляет собой ремонт с применением рулонного стеклопластика компании «Аргус Лимитед» (США).

Ее специалисты разработали способ ремонта с помощью манжеты Clock Spring («часовая пружина»). Суть его заключается в том, что на дефектный участок устанавливается бандаж из рулонированного стеклопластика путем намотки чрез клеевой состав (см. рисунок 4.2). Лента стеклопластика изготовлена из однонаправленного высокомодульного стеклоровинга, что позволяет приблизить ее по модулю упругости к стали.

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Композитные муфты RES-Q



Рисунки 4.3 (а-в) – Отремонтированные участки муфтами RES-Q

Муфты RES-Q являются разработкой фирмы «T.D. WILLIAMSON S.A.» (Бельгия).

Композитная ремонтная система TDW разработана для окончательного ремонта трубопроводов с целью восстановления максимального рабочего давления на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках.

Дефекты подлежащие ремонту: внешняя и внутренняя коррозия трубопровода с потерей металла до 80% толщины стенки; механические повреждения трубопровода (трещины, вмятины, гофры, выбоины); дефектных сварных швов, корродировавшие наварные заплатки и др.

Данные муфты могли бы быть рекомендованы для использования на конденсатопроводах «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут», тем более что они внесены в перечень разрешенных для ОАО «Газпром», но нет сведений об опыте использования этих муфт в России.

Стеклопластиковые ремонтные муфты

Наиболее эффективны муфты, устанавливаемые со значительным натягом, компенсирующим за счет контактного давления существенную часть внутреннего рабочего давления перекачиваемого продукта.

Такие решения удалось создать на базе использования особо прочных ориентированных стеклопластиков и металлических узлов затяжки, входящих в

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

состав конструкции муфты, позволяющих развивать усилия натяжения полотна муфт на уровне 500 кН (50 тс), которые практически отсутствуют в импортных муфтах типа «Clock-Spring» и их российских аналогах из рулонированного стеклопластика.



Рисунок 4.4 – Стеклопластиковая ремонтная муфта

Работы по созданию новых технологий получения стеклопластиковых муфт и их конструктивному исполнению с использованием стальных элементов были начаты в 2002 г. на базе ЗАО «Новые технологии» с участием специалистов ООО «Газпром трансгаз Ухта» и филиала ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в г. Ухта [26]. Основные идеи новых ремонтных стеклопластиковых муфт (рисунок 4.4) защищены патентами на изобретения и полезную модель [18-20], разработаны технические условия [21]. Были проведены многочисленные расчетно-экспериментальные исследования, в том числе стендовые, полигонные и натурные испытания РСМ, установленные на трубы с глубокими (до 0,7 толщины стенки трубы) трещиноподобными дефектами.

Результатом выполненных работ явился отраслевой стандарт СТО Газпром [31], а РСМ были включены в реестр ОАО «Газпром». Высокая прочность полотна РСМ (предел прочности $\sigma = 850 - 900$ МПа) и более низкое (в 3,5 - 4 раза) по сравнению со сталью значение модуля упругости позволяет

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обеспечить достаточно равномерное обжатие трубы контактным давлением $p_k = 0,5 - 0,6 p$ (p – рабочее давление продукта), чему способствует промежуточный слой ремонтного состава толщиной до 1,5 мм, заполняющего зазоры и выравнивающего контактное давление при затяжке с постепенным затвердеванием. Полумуфты стягиваются между собой путем попеременного стягивания восьми шпилек с разносторонней резьбой. За счет большого момента затяжки болтовых соединений создается наружное давление, разгружающее напряжение стенки трубы в зоне дефекта.

Необходимо отметить, что максимальное усилие N_{max} натяжения полотна снижается по мере удаления от узлов затяжки и достигает своего минимального значения N_{min} на максимальном удалении от узлов затяжки в соответствии с зависимостью, приведенной в СТО Газпром [22]:

$$N_{min} = N_{max} \cdot e^{f(\varphi_0 - \varphi_k)} \quad (4.1)$$

где f – коэффициент трения между полотном и трубой;

φ_0, φ_k – угловые положения сечений полотна в узле затяжки и на максимальном удалении от него.

Данная формула красноречиво доказывает преимущество двухразъемных муфт, когда узлы активного натяжения полотна расположены в обоих разъемах. В этом случае $\varphi_k = \pi/2$. Для одноразъемной муфты $\varphi_k = \pi$. Если принять в формуле (4.1) $f = 0,1$; $\varphi_0 = 0$, то при $\varphi_k = \pi/2$ усилие $N_{min} = 0,85 \cdot N_{max}$, а при $\varphi_k = \pi$ усилие $N_{min} = 0,73 \cdot N_{max}$, следовательно для двухразъемных муфт усилие натяжения, а также контактное давление выше на 16% (при $f = 0,1$). С возрастанием сил трения разность между усилиями N_{max} и N_{min} увеличивается. Следует отметить, что разработанная позднее усиливающая композиционная муфта трубопровода марки УКМТ является по сути одноразъемной с шарнирным соединением, содержащей один активный узел затяжки, поэтому для нее угол $\varphi_k = \pi$ и силовая эффективность муфты на удаленных от узла затяжки участках ниже, чем у РСМ при прочих равных условиях.

Одним из преимуществ узла затяжки РСМ по сравнению с аналогами является конструкция болта, содержащего два стержня с резьбой разного

Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	36

направления. Наличие правой и левой резьбы выгодно тем, что за один оборот болта сближение стальных осей, натягивающих полотно, составляет два резьбовых шага, что в два раза ускоряет процесс затяжки по сравнению с резьбой одного направления в муфте УКМТ.

Кроме того, одновременная стяжка болтов в обеих разъемах РСМ обеспечивает выигрыш по времени установки муфты, правда из-за необходимости точного определения момента зацепления резьбовых участков болта и гайки и смены при этом направления вращения болта иногда требуется несколько попыток, поэтому квалификация персонала по установке муфт должна быть достаточно высокой.

По конструкции муфты делятся на двухразъемные (для труб диаметром от 720 до 1420 мм) и одноразъемные (для труб диаметром от 325 до 530 мм).

4.2 Использование при переизоляции конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций

Многообразие конструкций защитных покрытий для подземных трубопроводов и вариантов их исполнения ставит задачу оптимального выбора способа изоляции конкретного объекта строительства или ремонта.

В качестве возможного варианта может быть предложена следующая классификации по типам покрытий для подземных конденсатопроводов:

- на основе экструдированных полиолефинов;
 - на основе эпоксидных порошковых красок;
 - на основе жидких термореактивных композиций;
 - на основе термоусаживающихся лент;
 - на основе мастично-полимерных лент холодного нанесения;
 - на основе липких полимерных лент холодного нанесения;
 - на основе битумных и битумоподобных мастик горячего нанесения.
- Технологии нанесения экструдированных и порошковых покрытий на трубопровод в трассовых условиях технически неосуществимы.

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Высокое качество при переизоляции в трассовых условиях может быть достигнуто путем нанесения покрытий из термоусаживающихся лент. Операция нанесения такого покрытия методом спиральной намотки достаточно проста и соответствующее оборудование хорошо отработано. Определенную техническую сложность представляет нагрев трубы до температуры $\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$. В настоящее время в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» (ранее ООО «Уралтрансгаз») создан комплекс необходимого оборудования, в том числе мобильный индукционный нагреватель, обеспечивающий нанесение термоусаживающегося покрытия на трубопровод диаметром 1020 мм с производительностью не менее 30 м/ч при температуре окружающего воздуха до минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Применение покрытий из мастично-полимерных лент - наиболее простой и легко осуществляемый способ сплошной переизоляции, однако, так же как и в приведенных ранее вариантах их использования, получаемое покрытие обладает меньшей надежностью, ограничено по диапазону диаметров и температуре эксплуатации. Качество таких покрытий и, соответственно, диапазон применения может быть расширен за счет пескоструйной подготовки поверхности и использования в качестве обертки термоусаживающейся ленты с термопластичным адгезионным слоем. Следует отметить, что нанесение таких покрытий возможно и в холодное время года при условии использования специальных «зимних» вариантов лент. Попытки производства универсальных лент с битумно-полимерным мастичным слоем не дают и, скорее всего, не дадут положительных результатов.

Покрытия на основе липких полимерных лент не могут быть рекомендованы к применению при сплошной переизоляции. Плачевные результаты их применения во всем мире убедительно показали, что это направление в технике защиты подземных трубопроводов оказалось тупиковым. Простота технологии нанесения этих покрытий не может служить достаточной компенсацией их низкой надежности. Кроме того эта простота

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						38

весьма условна, учитывая необходимость сушки праймера «до отлипа», нагрева поверхности трубы и термостатирования рулонов лент в холодное время года.

Стоит отметить, что защитная способность таких покрытий начинает ухудшаться уже при укладке и засыпке, затем при подвижках трубопровода, грунта, взаимодействия со средствами ЭХЗ.

Бесперспективным направлением следует признать также наблюдаемый ныне в России «ренессанс» покрытий на основе битумно-полимерных мастик горячего нанесения. Помимо известных недостатков в надежности и, особенно, технологичности этого варианта трассовой переизоляции, следует также иметь в виду, что в настоящее время покрытия из битумных мастик потеряли главное свое преимущество - низкую стоимость. Рост цен на нефть определяет и соответствующий рост цен на битумы, темп которого существенно превосходит темпы роста цен на полиэтилен, эпоксидные, уретановые материалы и т.п., поскольку сырьевая составляющая в стоимости продуктов глубокой переработки значительно ниже, чем в стоимости битумов. Учитывая большую толщину покрытия, использование в применяемых ныне «современных» конструкциях стеклосетки и термоусаживающейся ленты, суммарная стоимость материалов на единицу поверхности уже практически сравнялась со стоимостью материалов для полиуретановых покрытий. Очевидно, что в перспективе ситуация для битумных материалов будет только ухудшаться. Покрытия из жидких термореактивных композиций и в случае трассовой переизоляции соединительных элементов и арматуры остаются безальтернативным вариантом. При этом проблема зависимости от погодных условий успешно решается применением укрытий (палаток), обогреваемых при необходимости теплым воздухом.

Наилучшим вариантом по качеству получаемого покрытия, производительности и степени механизации в этом случае являются однослойные покрытия на основе жидких термореактивных композиций, наносимых методом распыления. Этот способ переизоляции давно и успешно применяется за рубежом, а в последние годы и в России. Двухслойные

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

варианты таких покрытий уступают однослойным по технологичности и производительности. Необходимость сушки первого слоя в течение нескольких часов значительно усложняет технологический процесс, а зависимость продолжительности сушки от внешних условий, отсутствие четких критериев определения момента нанесения второго слоя, предопределяют высокую вероятность брака.

В настоящее время магистральные конденсатопроводы изолированы от коррозии преимущественно полимерными лентами. На конденсатопроводах «Ямбург-Уренгой-Сургут» в качестве изоляционного покрытия в основном использовалось покрытие «ПВХ – «Поликен» на основе липких полимерных лент. Срок службы данного типа покрытия составляет 7-10 лет, и к настоящему времени покрытия практически или полностью исчерпали ресурс работоспособности и на них часто наблюдаются отслаивания изоляционного покрытия с образованием пустот между металлом трубы и покрытием, в которых образуются дефекты металла. С отслаиванием полимерного ленточного покрытия связаны наиболее массовая разновидность коррозии трубопроводов - подпленочная коррозия и коррозионное растрескивание под напряжением. Также отслоившееся покрытие создает экран, препятствующий прохождению электрического тока к стальной поверхности, и электрохимическая защита металла трубы под отслоившимся полимерным ленточным покрытием неэффективна.

Результаты по состоянию изоляционного покрытия конденсатопровода были разбиты по территориальному признаку на два участка:

На Ягенетском участке (104-133,5км) интегральная оценка изоляционного покрытия показала неудовлетворительное его состояние на 46 % по протяженности конденсатопровода. Методами электрометрии выявлено 25 участков с локальными и протяженными дефектами в изоляционном покрытии (всего 260 м).

На Пурпейском участке (133,5-139,7км, 151-155км) интегральная оценка изоляционного покрытия показала неудовлетворительное его состояние на

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

7,735 км из 8,705 км, или 88 % по протяженности конденсаторпровода. Методами электрометрии выявлено 14 участков с локальными и протяженными дефектами в изоляционном покрытии (всего 235 м).

В местах шурфовок изоляционное покрытие имеет повреждения и неудовлетворительную адгезию.

На основе анализа применяемых при переизоляции покрытий в качестве технического решения, предлагается использование двухкомпонентного полиуретанового материала на основе жидких термореактивных композиций. Наиболее предпочтительным в плане «цена-качество» и хорошо зарекомендовавшим себя среди двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций являются коррозионные материалы Protegol.

Материалы Protegol используются для переизоляции и изоляции установками ручного нанесения и механизированными комплексами в трассовых и базовых условиях. Учитывая условия, для РФ, в первую очередь, представляет интерес полиуретановый Protegol UR-Coating 32-60. Он эффективно используется для защиты от коррозии сварных стыков, магистральных трубопроводов, соединительных деталей и крановых узлов, компрессорных станций и трубопроводной обвязки.

Protegol UR-Coating 32-60 — антикоррозионный материал, двухкомпонентный, полиуретановый. Он не содержит ни растворителей, ни каменноугольного песка. Имеет высокую стойкость к катодному отслаиванию. Наносится методом горячего безвоздушного распыления, рисунок 4.5, при этом нет необходимости наносить предварительный грунтовочный слой как в случае с аналогичным полиуретановым покрытием Биурс. Материалы соответствуют ГОСТу Р 51164-98, нормам ОАО «Газпром». Данный материал высокотехнологичен.

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсаторпроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист 41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Рисунок 4.5 – Нанесение антикоррозионного покрытия Protogol UR-Coating

Технологичность покрытий Protogol UR-Coating 32-60:

- высокая степень сцепления к стальным поверхностям, иным видам изоляции;

- покрытие легко наносится, нет необходимости в грунтовке. В результате для нанесения не требуется дополнительно специального оборудования. Это сокращает затраты времени на то, чтобы нанести покрытие и трудозатраты. В нормах ОАО «Газпром» для трассового нанесения покрытия Protogol UR-Coating 32-60 рекомендуется норма 1,5 мм, что намного меньше, если сравнивать с аналогами;

- работы по изоляции могут проводиться круглогодично. Материал наносится на поверхность при температуре выше 5 градусов, при условии, что ее температура должна быть на 3 градуса выше точки росы. В противных случаях (минусовые температуры), устанавливаются специальные сборные укрытия;

- время отверждения покрытия Protogol UR-Coating 32-60 изделий ограничивается 3 минутами при положительной температуре окружающей

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

среды. Данное уникальное свойство покрытия резко меняет технологию заводской и трассовой противокоррозионной изоляции в сторону возможности «мгновенной» диагностики покрытия, исключения времени просушивания покрытия;

- материал стоек к химическим воздействиям, к высоким и низким температурам, к катодному отслаиванию;

- покрытие имеет широкую цветовую гамму;

- данный материал занесен в Реестр разрешенных к применению на объектах ОАО «Газпром» (при выполнении работ по ремонту объектов транспортировки газа) изоляционных материалов;

- изделия, изолированные полиуретановым покрытием Protegol UR-Coating 32-55, эксплуатируются при температуре от минус 60 до плюс 80 градусов, хранение и транспортировка производится при аналогичной температуре.

Экономичность покрытий Protegol UR-Coating 32-60:

- исключение грунтовочного слоя;

- уменьшение сертифицированной допустимой толщины покрытия по сравнению с аналогами;

- экономия времени вследствие исключения длительной сушки и возможность практически немедленно диагностировать, штабелировать или закапывать изолированное изделие вследствие быстрой полимеризации покрытия;

- меньший расход материала на 1 м² покрытия в связи с невысокой плотностью Protegol UR-Coating 32-60 (1,2 г/см³) относительно аналогов с большей плотностью.

Экологичность покрытий Protegol UR-Coating 32-60:

- возможность без негативных последствий для здоровья работников и для экологии окружающей среды выполнять работы по нанесению изоляционных материалов;

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						43

- покрытия серии Protegol имеют на основании заключений европейских институтов гигиены допуск к питьевой воде;
- антикоррозионные материалы Protegol UR-Coating 32-60 не содержат растворителей.

В результате исследований, подтвержденных данными Института Испытаний материалов и Химии Technischer Ueberwachungsverein Rheinland E.V., было установлено, что срок эксплуатации изделий, изолированных с помощью Protegol (температура эксплуатации +40 градусов), намного превышает 40 лет [32]. Эти данные также подтверждены практикой и исследованиями, проводившимися в Канаде.

Комплексы для переизоляции и изоляции трубопроводов представлены в мире оборудованием, которое производят компании Incal Pipeline Rehabilitation (США), Eupres Services (Франция).

Необходимо отметить для трассовых и базовых условий актуальную возрастающую необходимость применять технологии, позволяющие выполнять работы, в том числе антикоррозионные, в суровых северных условиях при резко отрицательных температурах воздуха. Антикоррозионные системы Protegol разработаны для нанесения и полимеризации при положительной легко и оперативно создаются сборные укрытия с нагревом воздуха до положительных температур дизель-генераторами, УМП. В этих условиях современный полиуретановый быстрополимеризующийся материал Protegol UR-Coating 32-60, который наносится без грунтовочного слоя, сертифицированной толщиной 1,5 мм, с теоретическим расходом на 1 м² покрытия при плотности материала 1,2 г/см³ - 1,8 кг, позволяет засыпать или штабелировать изолированные изделия уже через 10 минут после нанесения покрытия, что резко упрощает и удешевляет технологические изоляционные процессы. Для антикоррозионной модернизации линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» могут эффективно применяться изоляционные системы с ресурсосберегающим потенциалом.

					Разработка технических решений, направленных на повышение надежности и безопасной эксплуатации на основе расчетных оценок показателей надежности участков линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», проложенных на участках, характеризующихся сложными геологическими условиями, в том числе, наличием многолетнемерзлых грунтов, и предложения по их планированию и реализации	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

5. Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.

Таблица 5.1 – Исходные данные

Марка стали	11Г2С
$d_{TRнар}$ - диаметр трубопровода наружный, мм	530
t^0 - температура при сварке замыкающего стыка	-26
t^0 -температура эксплуатации трубопровода	-20
ρ - средняя плотность, т/м ³	0,7
P_1 – рабочее давление насосной станции кг/см ²	63
ρ_u - радиус естественного изгиба трубопровода, м	800
Грунт	Глина, подстилаемая песком

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Шарапов М.П.				Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Наплёков В.И.						45	23
Консульт.	Саруев А.Л.					ТПУ ИПР гр. 2Б2А		
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.							

1.1 Определение толщины стенки трубопровода.

1. Расчетную толщину стенки трубопровода, мм следует определять по формуле:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 + n \cdot P)}; \quad (5.1)$$

где $n = 1$ - коэффициент надежности по нагрузке - внутреннему рабочему давлению в трубопроводе [14, табл. 13];

$P = 6,3$ МПа - рабочее давление в трубопроводе;

$D_H = 0,53$ м — наружный диаметр трубы;

R_1 - расчетное сопротивление растяжению, определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m_0}{k_1 \cdot k_H}; \quad (5.2)$$

где $m_0 = 0,75$ - коэффициент условий работы трубопровода [14, табл. 1];

$k_1 = 1,47$ - коэффициент надежности по материалу [14, табл. 9];

$k_H = 1,05$ - коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимается в зависимости от категории трубопровода [14, табл. 11];

$R_1^H = 550$ МПа - нормативное сопротивление растяжению металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению временного сопротивления $\sigma_{вр}$, МПа;

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m_0}{k_1 \cdot k_H} = 267,25 \text{ (МПа)}; \quad (5.3)$$

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 + n \cdot P)} = 6,1 \text{ (мм)}; \quad (5.4)$$

При расчете толщины стенки трубы запас на коррозию не предусматривается.

При наличии продольных осевых сжимающих напряжений толщину стенки следует определять из условия:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)}; \quad (5.5)$$

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

где ψ_1 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяемый по формуле:

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{npN}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{npN}|}{R_1} = 0,71; \quad (5.6)$$

где σ_{npN} - продольное осевое сжимающее напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла труб, определяется по формуле:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} = -116,2 (\text{МПа}) \quad (5.7)$$

где $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ град - коэффициент линейного расширения металла трубы;

$E = 2,06 \cdot 10^5$ МПа - переменный параметр упругости (модуль Юнга);

$\mu = 0,3$ - переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона);

$D_{вн}$ - внутренний диаметр трубы.

Δt - расчетный температурный перепад.

Абсолютное значение максимального положительного или отрицательного температурного перепада определяют по формулам:

$$\Delta t_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{0,3 \cdot 306,12}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 34,05 (\text{град}) \quad (5.8)$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - \mu) \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{(1 - 0,3) \cdot 306,12}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 79,46 (\text{град}) \quad (5.9)$$

К дальнейшему расчету принимается больший перепад температуры.

Далее находим величину продольных осевых сжимающих напряжений, если $\sigma_{npN}(-)$ отрицательное значение, это означает, что присутствуют сжимающие напряжения. Находим коэффициент, учитывающий 2-хосное напряженное состояние металла. При наличии продольных напряжений расчетную толщину стенки пересчитывают по формуле:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_H}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)} = 8,52(\text{мм}); \quad (5.10)$$

1.2. Проверка на прочность подземного трубопровода в продольном направлении.

Проверку на прочность следует производить из условия:

$$|\sigma_{npN}| \leq \psi_2 \cdot R_1; \quad (5.11)$$

где σ_{npN} - продольное осевое напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{BH}}{2 \cdot \delta_H} = -116,2(\text{МПа}) \quad (5.12)$$

ψ_2 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих осевых продольных напряжениях ($\sigma_{npN} > 0$) принимаемый равным единице, при сжимающих ($\sigma_{npN} < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{R_1} = 0,89; \quad (5.13)$$

где $\sigma_{кц}$ - кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_{BH}}{2 \cdot \delta_H} = \frac{1 \cdot 6,3 \cdot 517,8}{2 \cdot 6,1} = 267,38(\text{МПа}) \quad (5.14)$$

Вычисляем комплекс

$$\psi_2 \cdot R_1 = 237,85(\text{МПа}) \quad (5.15)$$

Условие прочности трубопровода в продольном направлении выполняется.

1.2.1. Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций.

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций подземных трубопроводов проверку необходимо производить по условиям:

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист 48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$|\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}| \leq \psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}; \quad (5.16)$$

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} \leq \frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}; \quad (5.17)$$

где $\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}$ - максимальные суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормативных нагрузок и воздействий, МПа;

ψ_3 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих продольных напряжениях ($\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}} > 0$) принимаемый равным единице, при сжимающих ($\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}} < 0$) определяемый по формуле:

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}}}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}}}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}} = 0,7 \quad (5.18)$$

где R_2^{H} - нормативное сопротивление сжатию металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению предела текучести $\sigma_{\text{тек}} = 350$ МПа;

$m_0 = 0,75$ - коэффициент условий работы трубопровода;

$k_{\text{H}} = 1,05$ - коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимается в зависимости от категории трубопровода;

$\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}}$ - кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} = \frac{P \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot \delta_{\text{H}}} = 267,38 \text{ (МПа)}. \quad (5.19)$$

Максимальные суммарные продольные напряжения $\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}$ определяются от всех (с учетом их сочетания) нормативных нагрузок и воздействий с учетом поперечных и продольных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики. В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков трубопровода при отсутствии продольных и поперечных перемещений трубопровода, просадок и пучения грунта максимальные

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

суммарные продольные перемещения от нормативных нагрузок и воздействий - внутреннего давления, температурного перепада и упругого изгиба определяются по формуле:

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}} = \mu \cdot \sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \mp \frac{E \cdot D_{\text{н}}}{2 \cdot \rho}; \quad (5.20)$$

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}} = \mu \cdot \sigma_{\text{кц}}^{\text{н}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t + \frac{E \cdot D_{\text{н}}}{2 \cdot \rho} = -43,73 (\text{МПа}) \quad (5.21)$$

где ρ , м - минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода.

Проверку выполняем по наибольшему по абсолютному значению продольным напряжениям $\sigma_{\text{пр}}^{\text{н}}$.

Вычисляем комплекс

$$\psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{н}}} \cdot R_2^{\text{н}} = 194,45 (\text{МПа}); \quad (5.22)$$

$$\frac{m_0}{0,9 \cdot k_{\text{н}}} \cdot R_2^{\text{н}} = 277,78 (\text{МПа}); \quad (5.23)$$

Условия прочности трубопровода на предотвращение недопустимых пластических деформаций выполняются.

1.2.2. Проверка общей устойчивости трубопровода в продольном направлении.

Проверку общей устойчивости трубопровода в продольном направлении в плоскости наименьшей жесткости системы следует производить из условия:

$$S \leq m_0 \cdot N_{\text{кр}}; \quad (5.24)$$

где S - эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода, МН;

$N_{\text{кр}}$ — продольное критическое усилие, Н, при котором наступает потеря продольной устойчивости трубопровода.

Эквивалентное продольное осевое усилие в сечении трубопровода S следует определять от расчетных нагрузок и воздействий с учетом продольных и поперечных перемещений трубопровода в соответствии с правилами

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

строительной механики. В частности, для прямолинейных участков трубопровода и участков, выполненных упругим изгибом, при отсутствии компенсации продольных перемещений, просадок и пучения грунта S определяется по формуле:

$$S = [(0,5 - \mu)\sigma_{\text{кц}} + \alpha \cdot E \cdot \Delta T] \cdot F = 2,5 \text{ (МН)} \quad (5.25)$$

где:

$$\Delta T = t_{\text{э}} - t_{\text{зам}} = 6 \text{ (град)} \quad (5.26)$$

F - площадь поперечного сечения трубы, м^2 ;

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{н}}^2 - D_{\text{вн}}^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,53^2 - 0,5178^2) = 0,01 \text{ (м}^2\text{)} \quad (5.27)$$

Для прямолинейных участков подземных трубопроводов в случае пластической связи трубы с грунтом продольное критическое усилие находится по формуле:

$$N_{\text{кр}} = 4,09 \sqrt[11]{P_0^2 \cdot q_{\text{верт}}^4 \cdot F^2 \cdot E^5 J^3} = 28,9 \text{ (МН)} \quad (5.28)$$

где P_0 - сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины;

J - осевой момент инерции металла трубы, определяется по формуле:

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot (D_{\text{н}}^4 - D_{\text{вн}}^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,53^4 - 0,5178^4) = 0,00034 \text{ (м}^4\text{)} \quad (5.29)$$

$q_{\text{верт}}$ - сопротивление вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, обусловленное весом грунтовой засыпки и собственным весом трубопровода, отнесенное к единице длины:

$$q_{\text{верт}} = n_{\text{гр}} \cdot \gamma_{\text{гр}} \cdot D_{\text{н}} \cdot \left(h_0 + \frac{D_{\text{н}}}{2} - \frac{\pi \cdot D_{\text{н}}}{8} \right) + q_{\text{тр}} = 2275,75 \quad (5.30)$$

определяется по формуле:

$$P_0 = \pi \cdot D_{\text{н}} \cdot (C_{\text{гр}} + P_{\text{гр}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{гр}}) = 3,14 \cdot 0,53 \cdot (1 + 1363,94 \cdot \text{tg} 18^\circ) = 739,19 \text{ (Па)} \quad (5.31)$$

где $C_{\text{гр}}$, Па - коэффициент сцепления грунта;

$P_{\text{гр}}$ - среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом;

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист 51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\varphi_{гр}=18^0$ - угол внутреннего трения грунта;

Величина $P_{гр}$ вычисляется по формуле:

$$P_{гр} = \frac{2 \cdot n_{гр} \cdot D_H \cdot \left[\left(h_0 + \frac{D_H}{8} \right) + \left(h_0 + \frac{D_H}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \left(45^0 - \frac{\varphi_{гр}}{2} \right) \right] + q_{тр}}{\pi \cdot D_H} = \quad (5.32)$$

$$= 1363,94(\text{Па})$$

где $n_{гр}=0,8$ - коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта;

$\gamma_{гр},=20 \text{ кН/м}^3$ -удельный вес грунта ;

h_0 , м - высота слоя засыпки от верхней образующей трубопровода до поверхности грунта;

$q_{тр}$ —расчетная нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода с перекачиваемым продуктом:

$$q_{тр} = q_m + q_u + q_{пр} = 2268,48 \text{ (Н/м)} \quad (5.33)$$

Нагрузка от собственного веса металла трубы:

$$q_m = n_{св} \cdot \gamma_m \cdot \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_{вн}^2) = n_{св} \cdot \gamma_m \cdot \frac{\pi}{4} (D_H^2 - D_{вн}^2) = 748,34 \text{ (Н/м)} \quad (5.34)$$

где $n_{св} = 0,95$ - коэффициент надежности по нагрузкам при расчете на продольную устойчивость и устойчивость положения;

γ_m - удельный вес металла, из которого изготовлены трубы, для стали $\gamma_m=78500 \text{ Н/м}^3$.

Нагрузка от собственного веса изоляции для подземных трубопроводов:

$$q_u = n_{св} \cdot \pi \cdot D_H \cdot g \cdot (K_{ип} \cdot \delta_{ип} \cdot \rho_{ип} + K_{об} \cdot \delta_{об} \cdot \rho_{об}); \quad (5.35)$$

или

$$q_u = 0,1 \cdot q_m = 74,83 \text{ (Н/м)} \quad (5.36)$$

где $K_{ип}= K_{об} = 2,30$ - коэффициент, учитывающий величину нахлеста для двухслойной изоляции;

$q_{и}$, мм, $\rho_{ип}$, кг/м³ —соответственно толщина и плотность изоляции; $\delta_{об}$, мм, $\rho_{об}$, кг/м³ - соответственно толщина и плотность оберточных материалов.

Нагрузка от веса нефти, находящейся в трубе единичной длины:

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

$$q_{\text{пр}} = \rho_p \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot D_{\text{вн}}^2}{4} = 1445,31(\text{Н/м}) \quad (5.37)$$

Вычисляем комплекс:

$$m_0 \cdot N_{\text{кр}} = 0,75 \cdot 28,9 = 21,675(\text{МН}) \quad (5.38)$$

сравниваем с условием $S < m_0 \cdot N_{\text{кр}}, \text{МН}$ и смотрим, что в случае пластической связи трубопровода с грунтом общая устойчивость трубопровода в продольном направлении обеспечена.

Продольное критическое усилие для прямолинейных участков трубопроводов в случае упругой связи с грунтом:

$$N_{\text{кр}}^2 = 2 \cdot \sqrt{k_0 \cdot D_{\text{н}} \cdot E \cdot J} = 2 \cdot \sqrt{15 \cdot 0,53 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,00034} = \quad (5.39)$$

$$= 47,19 (\text{МН})$$

где $k_0 = 15 \text{ МН/м}^3$ - коэффициент нормального сопротивления грунта, или коэффициент постели грунта при сжатии.

Вычисляем комплекс:

$$m_0 \cdot N_{\text{кр}}^2 = 35,39 (\text{МН}) \quad (5.40)$$

и сравниваем

$$S < m_0 \cdot N_{\text{кр}}^2 (\text{МН}) \quad (5.41)$$

Далее смотрим, что условие устойчивости прямолинейных участков нефтепродуктопровода обеспечено.

Проверим общую устойчивость криволинейных участков трубопровода, выполненных с упругим изгибом:

$$\theta_{\beta} = \frac{1}{\rho \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{\text{верт}}}{E \cdot J}}} = 0,00045; \quad (5.42)$$

$$Z_{\beta} = \frac{\sqrt{\frac{P_0 \cdot F}{q_{\text{верт}} \cdot J}}}{\sqrt[3]{\frac{q_{\text{верт}}}{E \cdot J}}} = 0,97; \quad (5.43)$$

					Расчет на прочность и устойчивость трубопровода.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

По номограмме определяем коэффициент - $\beta_N = 15$.

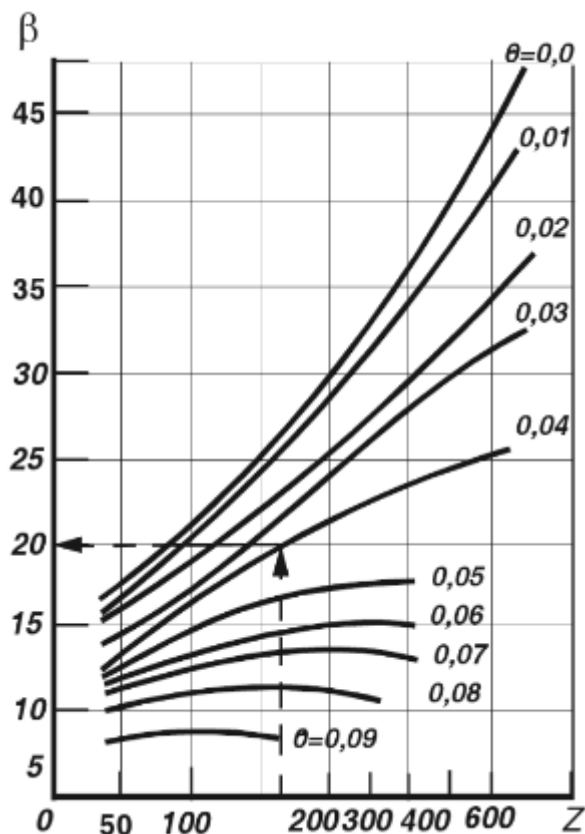


Рис. 5.1– Номограмма для определения коэффициента β при проверке устойчивости криволинейного трубопровода.

Для криволинейных (выпуклых) участков трубопровода, выполненных упругим изгибом, в случае пластической связи трубы с грунтом критическое усилие:

$$N_{кр}^3 = \beta_N \cdot \sqrt[3]{q_{верт}^2 \cdot E \cdot J} = 106,97 \text{ (МН)} \quad (5.44)$$

сравниваем с

$$S < m_0 \cdot N_{кр}^3 ; 2,5 < 80,23 \quad (5.45)$$

$$N_{кр}^4 = 0,375 \cdot q_{верт} \cdot \rho = 597,38 \text{ (МН)} \quad (5.46)$$

Условие устойчивости для криволинейных участков выполняется.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Введение

С учётом актуальных требований существенного повышения эффективности технологий, применяемых в структуре ОАО «Газпром», все операции текущего ремонта целесообразно рассмотреть с позиции оптимизации, а именно: относительного увеличения срока эксплуатации отремонтированного участка, минимизации пооперационных затрат, интенсификации технологических операций – подготовки поверхности, нанесения промежуточных материалов (уплотнителей), установки ремонтных муфт, заковки отремонтированных участков. Степень эффективности применения того или иного метода ремонта трубопроводов, труб, соединительных и фасонных деталей, сварных стыков зависит от ряда факторов: цены, долговечности, надёжности, громоздкости оборудования при ремонте, сложности оборудования, необходимости изменения технологического режима перекачки, влияния сложных геологических условий и низких температур при ремонте. Ниже проведен расчет степени эффективности применения различных методов ремонта.

6.2. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Шарапов М.П.				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Наплёков В.И.						55	23
Консульт.	Саруев А.Л.					ТПУ ИПР гр. 2Б2А		
Зав. Каф.	Рудаченко А.В.							

Таблица 6.1 – Матрица SWOT

Сильные стороны: C1. Снижение материальных и энергетических затрат за счет использования данной технологии; C2. Уменьшение затрат на капитальный и текущий ремонт; C3. Повышение ремонтпригодности конденсатопровода;	Слабые стороны: Сл1. Необходимость точной и аккуратной установки оборудования
Возможности: B1. Сокращение затрат живого труда за счет использования менее трудозатратной технологии, в результате этого – снижения потерь рабочего времени; B2. Экономия времени путем увеличения межремонтных периодов.	Угрозы: У1. Выход из строя производственного оборудования

6.3 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевые графики проекта. Линейный график представлен в виде таблицы.

Таблица 6.2 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	2	3	4	5	6
1	Выдача задания диплома	2	08.02.2016	09.02.2016	Шарапов М.П. Наплёков В.И.
2	Постановка задачи и целей исследования, актуальность, научная новизна	3	15.02.2016	18.02.2016	Шарапов М.П. Наплёков В.И.

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6
3	Объект и методы исследования	15	19.02.2016	04.03.2016	Шарапов М.П.
4	Расчеты и аналитика	55	05.03.2016	29.04.2016	Шарапов М.П. Наплёков В.И.
5	Результаты и обсуждения	12	30.04.2016	11.05.2016	Шарапов М.П. Наплёков В.И.
6	Оформление пояснительной записки	8	12.05.2016	20.05.2016	Новиков С.Д.
Итого:		95			

Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Календарный план-график проведения диплома по теме

Вид работ	Исполнители	Т _к , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Выдача задания диплома	Бакалавр руководитель	2												
Постановка задачи и целей исследования, актуальность, научная новизна	Бакалавр Руководитель	3												

сПродолжение таблицы 6.3

Объект и методы исследования	Бакалавр	15												
	Руководитель													
Расчеты и аналитика	Бакалавр	55												
Результаты и обсуждения	Бакалавр	12												
	Руководитель													
Оформление пояснительной записки	Бакалавр	8												

 - Бакалавр
 - Руководитель

5.4 Выполнение экономической оценки предлагаемых решений

5.4.1 Метод ремонта конденсаторов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» на дефектных или имеющих коррозионные повреждения участках с помощью композитных муфт

Расчет проведен для ремонта дефекта глубиной менее 70% от толщины металла трубы и длиной вдоль оси менее 300 мм.

В расчете участвуют ремонтные конструкции, внесенные в Реестр упрочняющих конструкций (Таблица 6.4) и разрешенные к применению на объектах ОАО «Газпром [25].

Таблица 6.4 – Ремонтные конструкции

Наименование, тип, марка	Обоснование для включения в реестр (решение комиссии, протокол, акт испытаний, свидетельство о сертификации, положительное заключение по результатам аккредитации, аттестации)	Производитель (Заявитель)
Ремонтная стеклопластиковая муфта	ТУ 2296-002-46774250-2003 с изм. №1 согласованы Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО"Газпром" Протокол ОАО "Газпром" № 31323949-098-001-2010	ЗАО «Новые технологии»
Композитная муфта RES-Q	ТУ 1916-001-74450983-2012 согласованы Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО"Газпром" для опытно-промышленного применения Протокол ОАО "Газпром" № 31323949-071-030-2012	ООО «ТДВ Евразия»
Стеклопластик гибкий анизотропный рулонированный (ГАРС)	ТУ 2296-152-05786904-99 согласованы Департаментом по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО"Газпром" 16.08.1999	ООО «Рэмнефтегаз»
Герметичная сварная стальная муфта, конструкция № 3	СТО Газпром 2-2.3-137-2007	Газотранспортные и газодобывающие Общества ОАО «Газпром»

Также в расчете использован метод ремонта – вырезка трубы. С одной стороны, данный метод ремонта является безальтернативным при глубине дефекта свыше 70-80% от толщины стенки трубы и большой протяженности. С другой стороны, этот метод является экономически нецелесообразным при ремонте опасных дефектов глубиной до 60 % и протяженностью до 250-300

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Лист 59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

мм. Несмотря на это, он также применяется при глубине дефекта до 60 % и длине по оси трубы менее 300 мм [26].

Степень эффективности ($C_э$) применения данного метода ремонта (рассчитывается в условных единицах):

$$C_э = 100 \cdot (K_{пм} \cdot K_{тр}) \quad (6.1)$$

где, $K_{пм}$ – коэффициент приемлемости метода ремонта по совокупности факторов: цены и долговечности.

$$K_{пм} = \frac{1}{УЦ} \cdot \frac{Д}{30} \quad (6.2)$$

где УЦ – условная цена 1 единицы изделия. Если принять за условную цену РСМ за 1 (единицу), то условная цена несколько более дорогих методов ремонта будет пропорционально выше. Для ремонта методом вырезки условная цена 5.

Д – долговечность изоляционного покрытия, лет.

Таблица 6.5 – Показатель приемлемости метода ремонта

Метод ремонта (тип муфты)	УЦ	Д, лет	Кпм
Ремонтная стеклопластиковая муфта	1	20	0,67
Композитная муфта RES-Q	1	20	0,67
Стеклопластик гибкий анизотропный рулонированный (ГАРС)	1,5	20	0,44
Герметичная сварная стальная муфта, конструкция № 3	1,5	2	0,44
Вырезка трубы	5	30	0,20

$K_{тр}$ – коэффициент технологичности ремонта:

$$K_{тр} = K_{оп} \cdot K_{тэ} \cdot \frac{1}{K_{со}} \cdot \frac{1}{K_p} \cdot \frac{1}{K_{сс}} \cdot \frac{1}{K_{оп}}, \quad (6.3)$$

где, $K_{оп}$ – коэффициент остановки перекачки на ремонтируемом участке или понижения давления. $K_{оп}$ для ремонта с помощью муфт РСМ, ГАРС и RES-Q принимается равным 1, для вырезки условно – 0,1.

$K_{тэ}$ - коэффициент приемлемости ремонта по фактору температуры

эксплуатации при установке. Ктэ для муфты RES-Q и стеклопластика ГАРС условно принимается равным 0,5 по причине невозможности установки при отрицательных температурах муфты RES-Q и стеклопластика ГАРС, без использования специальных приспособлений, для остальных Ктэ – 1).

Ксо - коэффициент сложности и громоздкости оборудования для монтажа и ремонта. За 1 (единицу) принимается ремонт с помощью муфт РСМ и RES-Q. Ксо для ремонта вырезкой трубы, условно принимается 8.

Кор - коэффициент применения огневых (сварочных работ, врезки) в процессе ремонта. Кор=1 при отсутствии необходимости применения огневых работ. Кор=1,5 (условно) при необходимости применения огневых работ

Таблица 6.6 – Показатель коэффициента технологичности метода ремонта

Метод ремонта (тип муфты)	Коп	Ктэ	Ксо	Кор	Ктр
Ремонтная стеклопластиковая муфта	1	1	1	1	1
Композитная муфта RES-Q	1	0,5	1	1	0,5
Стеклопластик гибкий анизотропный рулонированный (ГАРС)	1	0,5	2	1	0,25
Герметичная сварная стальная муфта, конструкция № 3	0,5	1	5	1,5	0,07
Вырезка трубы	0,1	1	10	1,5	0,01

Таблица 6.7– Результирующий сравнительный расчет степени эффективности применения различных методов ремонта трубопроводов

Метод ремонта (тип муфты)	Кпм	Ктр	Сэ
Ремонтная стеклопластиковая муфта	0,67	1	67,0
Композитная муфта RES-Q	0,67	0,5	33,0
Стеклопластик гибкий анизотропный рулонированный (ГАРС)	0,44	0,25	11,0
Герметичная сварная стальная муфта, конструкция № 3	0,44	0,07	3,1
Вырезка трубы	0,20	0,01	0,2

6.4.2 Использование при переизоляции конденсаторов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» двухкомпонентных полиуретановых материалов на основе жидких термореактивных композиций

В расчете участвуют изоляционные материалы (Таблица 6.8), внесенные в Реестр изоляционных материалов, разрешенных к применению на объектах ОАО «Газпром» [36].

Таблица 6.8 – Изоляционные материалы

Регистрационный номер	Наименование, тип, марка	Производитель (Заявитель)
003-002-0011	Protegol UR-Coating 32-60 (наружное полиуретановое защитное покрытие)	Goldschmidt TIB GMBH, Германия, Протекор ЗАО, г. Москва
003-001-0006	Protegol UR-Coating 32-55H (двухкомпонентная полиуретановая мастика)	Goldschmidt TIB GMBH, Германия, Протекор ЗАО, г. Москва
003-001-0002	БИУРС (двухкомпонентная битумно-уретановая мастика «БИУР», грунтовка «Праймер-МБ»)	БИУРС ООО, г. Санкт-Петербург
003-004-0001	РАМ (материал рулонный мастичный армированный)	Делан ЗАО, КСИ ООО, г. Москва

С учётом актуальных требований существенного повышения эффективности технологий, применяемых в структуре ОАО «Газпром», все операции антикоррозионных технологий целесообразно рассмотреть с позиции оптимизации, а именно: относительного увеличения срока эксплуатации антикоррозионного покрытия, минимизации пооперационных затрат, интенсификации технологических операций – подготовки поверхности и нанесения изоляционного покрытия, штабелирования, заковки изолированных изделий. Степень эффективности применения той или иной изоляционной системы для антикоррозионной защиты трубопроводов, труб, соединительных

и фасонных деталей, сварных стыков зависит от ряда факторов: Степень эффективности применения того или иного антикоррозионного покрытия при переизоляции трубопроводов, труб, соединительных и фасонных деталей, сварных стыков зависит от ряда факторов: цены, долговечности, надежности, громоздкости оборудования при переизоляции, сложности оборудования, необходимости изменения технологического режима перекачки, влияния сложных геологических условий и низких температур при переизоляции. Ниже проведен расчет степени эффективности применения различных изоляционных покрытий при переизоляции.

Степень эффективности ($C_э$) применения данной изоляционной системы (рассчитывается в условных единицах):

$$C_э = 100 \cdot (K_{пм} \cdot K_{тп}) \quad (6.4)$$

где, $C_э$ – степень эффективности применения антикоррозионной системы. Рассчитывается в условных единицах.

$K_{пм}$ – коэффициент приемлемости антикоррозионного материала по совокупности факторов цены, расхода и долговечности.

$$K_{пм} = \frac{1}{УЦ} \cdot \frac{1}{Пм} \cdot \frac{1}{Тп} \cdot \frac{Д}{40} \quad (6.5)$$

где УЦ – условная цена 1 кг антикоррозионного материала. Если принять за условную цену Protegol UR-Coating 32-55R за 1 (единицу), то условная цена несколько более дорогих материалов будет пропорционально выше.

$Пм$ – плотность материала, кг/см³ объема покрытия.

$Тп$ – сертифицированная толщина покрытия для конкретного объекта нанесения изоляции (изоляция технологических трубопроводов компрессорной станции в трассовых условиях).

$Д$ – долговечность изоляционного покрытия, лет.

Таблица 6.9 Показатель приемлемости антикоррозионного материала

Антикоррозионный материал	УЦ	Пм, кг/см ³	Тп, мм	Д, лет	Кпм
Protegol UR-Coating 32-60	1,27	1,2	1,5	40	0,44
Protegol UR-Coating 32-55H	1,09	1,53	2,0	40	0,30
БИУРС	1,3	1,02	2,5	20	0,15
РАМ	1,15	1	1,5	8	0,12

К_{ТП} – коэффициент технологичности нанесения покрытия

$$K_{TP} = K_{ПП} \cdot K_{ТЭ} \cdot \frac{1}{K_{CO}} \cdot \frac{1}{K_P} \cdot \frac{1}{K_{CC}} \cdot \frac{1}{K_{OP}}, \quad (6.6)$$

где К_{ПП} – коэффициент степени подготовки поверхности перед нанесением покрытий.

К_{ТЭ} - коэффициент приемлемости покрытия по фактору температуры эксплуатации изолированных изделий (1 или 0).

К_{со} - коэффициент сложности оборудования. Если за 1 (единицу) принять К_{со} наименее дорогостоящей установки ReGra-ND с ручным нанесением Protegol UR-Coating 32-60, то К_{со} установки типа HydraCat для безвоздушного распыления с ручным управлением для нанесения Protegol UR-Coating 32-55 можно условно рассчитать как 1,2. Коэффициент сложности оборудования К_{со} для механизированных комплексов или полуавтоматических комплексов по нанесению антикоррозионных материалов условно принимается 10,0.

К_р - коэффициент применения промывочных материалов (растворителей) в процессе нанесения покрытий. Технологическая необходимость промывания пистолетов и форсунок установок безвоздушного распыления материалов промывочными материалами (растворителями) в процессе изоляционных работ усложняет установку для нанесения покрытия, повышает риск нарушения состояния подготовленной поверхности перед нанесением покрытий при быстром темпе изоляционных работ, повышает потери антикоррозионного материала, ухудшает экологию в месте выполнения работ. К_р=1 при отсутствии необходимости применения промывочных материалов. К_р=1,3 (условно) при необходимости применения растворителей.

Ксс - коэффициент соотношения смешивания компонентов. При соотношении смешивания компонентов А:В по объёму 1:1 (условно Ксс=1) упрощается контроль за расходом материала, синхронная смена тары в процессе нанесения материала уменьшает трудозатраты. При соотношении смешивания компонентов по объёму 1,5:1 Ксс=1,5 .

Коп - коэффициент отверждения покрытия. Принимая во внимание, что наименьшие затраты, наименьшие технологические риски соответствуют технологии с наименьшим временем полимеризации антикоррозионного покрытия до степени засыпки, то при времени полимеризации покрытия Protegol UR-Coating 32-60 при стандартной температуре +200С десять минут (0,2 часа) принимается Коп=1,0. Для покрытия с временем полимеризации в стандартных температурных условиях 4-8 часов (Protegol UR-Coating 32-55Н) Коп=2,4.

Таблица 6.10–Показатель коэффициента технологичности антикоррозионного материала

Антикоррозионный материал	Кпп	Ктэ	Ксо	Кр	Ксс	Коп	Ктп
Protegol UR-Coating 32-60	0,66	1	1	1	1	1	0,66
Protegol UR-Coating 32-55Н	0,66	1	1,2	1,3	2,3	2,4	0,08
БИУРС	0,66	1	1,2	1,3	1,34	2,1	0,15
РАМ	0,6	1	10	1,3	1	1,2	0,04

Таблица 6.11–Результирующий сравнительный расчет степени эффективности применения антикоррозионной системы при изоляции трубопроводов

Антикоррозионный материал	Кпм	Ктп	Сэ
Protegol UR-Coating 32-60	0,44	0,66	29,04
Protegol UR-Coating 32-55Н	0,30	0,08	2,4
БИУРС	0,15	0,15	2,2
РАМ	0,12	0,04	0,48

7. Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации

7.1. Введение

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 **П**. Данный термин тесно связан с понятием безопасности – состоянием деятельности, при котором с определённой долей вероятности исключаются потенциальные опасности, влияющие на здоровье человека.

Результатом выполненной работы явилась оценка условий эксплуатации конденсатопроводов и выработка рекомендаций по повышению их конструктивной надежности и безопасной эксплуатации. Головная часть Единой трубопроводной системы нефтегазоснабжения России, берущая начало на севере Тюменской области и проходящая в пределах первой тысячи километров по многолетнемерзлым грунтам, не имеет аналогов в мировой практике по сложности и уникальности геолого-географических условий, беспрецедентна в мировой практике и предъявляет особые требования к надежности и безопасности. Это приводит к ряду особенностей в подходах к проектированию, строительству и эксплуатации трубопроводов, в том числе к проведению мероприятий по диагностике технического состояния линейной части и мониторингу трасс, техническому обслуживанию и ремонту.

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шарапов М.П.			Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Наплёков В.И.					66	23
Консульт.		Саруев А.Л.				ТПУ ИПР гр. 2Б2А		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.						

По мере старения трубопроводных систем первоочередной оказалась проблема повышения надежности и ресурса трубопроводов.

7.2 Профессиональная социальная безопасность.

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния подводного перехода конденсатопровода (табл. 4.1).

Таблица 7.1. – Опасные и вредные производственные факторы.

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1. Очистка внутренней полости трубопровода от инородных предметов; 2. Калибровка трубопровода; 3. Обследование трубопровода профилемером; 4. Обследование трубопровода внутритручными магнитными или ультразвуковыми дефектоскопами	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды; 4. Повреждения в результате контакта с насекомыми	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток; 3. Пожаро-взрывоопасность;	ГОСТ 12.0.003-74 ГОСТ 12.1.007-76 ГОСТ 12.1.012-90 ГОСТ 12.1.003-83 СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 ГОСТ 12.1.005-88 СНиП 23-05-95 ГОСТ 12.2.003-91 ГОСТ 12.1.019-79 ГОСТ 12.1.030-81 ПИБ 01-03 ГОСТ 12.4.026-76

7.2.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.

Длительные и суровые периоды низкой температуры воздуха с сильными ветрами, осуществление трудовой деятельности по эксплуатации конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с длительным пребыванием на открытом воздухе создают условия для ускоренного формирования болезней.

По своим климатогеографическим условиям, данный регион относится к типичному северному региону с крайне интенсивным природным и

техногенным прессингом на здоровье людей. К экстремальным факторам среды, которые оказывают наиболее негативное воздействие на здоровье населения, относят такие явления, как длительный период низкой температуры воздуха наряду с чрезвычайной неустойчивостью погоды, специфический аэродинамический режим, перераспределение кислорода в составе атмосферного воздуха, повышенная активность космических излучений и магнитных полей с периодами резких возмущений, резкие перепады атмосферного давления, чрезмерно близкое расположение от поверхности почвы слоя вечной мерзлоты и слабое оттаивание почвы в летний период.

При проведении работ на открытых площадках данной территории региона (Ямало-Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ) нормирование параметров окружающей среды не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимний и летний периоды года в каждом из климатических регионов, где расположен конденсатопровод, должны быть обеспечены спецодеждой. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются (табл. 7.2).

Таблица 7.2. – Организация режима работы в условиях низких температур.

Температура, °C	Отсутствие заметного ветра		Скорость ветра 8 км/ч		Скорость ветра 16 км/ч		Скорость ветра 24 км/ч		Скорость ветра 32 км/ч	
	Макс. Рабочий период	Кол-во перерывов	Макс. Рабочий период	Кол-во перерывов	Макс. Рабочий период	Кол-во перерывов	Макс. Рабочий период	Кол-во перерывов	Макс. Рабочий период	Кол-во перерывов
-26 до -28	115 мин	1	115 мин	1	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4
-29 до -31	115 мин	1	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5
-32 до -34	75 мин	2	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5	следует прекратить все работы, кроме экстренных	
-35 до -37	55 мин	3	40 мин	4	30 мин	5	следует прекратить все работы, кроме экстренных			
-38 до -39	40 мин	4	30 мин	5	следует прекратить все работы, кроме экстренных					

Формируются инженерные решения, обеспечивающие оптимальные или допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне: регулярные перерывы в работе, обеспечение необходимой спецодеждой, в местах проведения работ обеспечение отапливаемой и вентилируемой зоной отдыха и питания рабочих.

2. Превышение уровней шума и вибраций.

Источниками повышенного шума и вибраций при проведении работ могут быть экскаваторы, погрузочно-разгрузочные машины, грузовые автомобили и т.д.

Важным для снижения опасного воздействия вибрации на организм человека является правильная организация режима труда и отдыха, постоянное медицинское наблюдение за состоянием здоровья, лечебно-профилактические мероприятия, такие как гидропроцедуры (теплые ванночки для рук и ног), массаж рук и ног, витаминизация и др. Для защиты рук от воздействия ультразвука при контактной передаче, а также при контактных смазках и т.д. операторы должны работать в рукавицах или перчатках, нарукавниках, не пропускающих влагу или контактную смазку.

Средствами индивидуальной защиты от шума являются ушные вкладыши, наушники и шлемофоны. Эффективность индивидуальных средств защиты зависит от используемых материалов, конструкции, силы прижатия, правильности ношения.

3. Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны.

Состояние воздушной среды характеризуется уровнем запыленности или загазованности воздуха рабочей зоны. Выполнение производственных работ нередко сопровождается выделением в воздушную среду вредных веществ, которые могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья человека. Для воздуха рабочей зоны производственных площадок установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, которые составляют 0,1-1 мг/м³. Определение концентрации загрязнителей в воздухе рабочей зоны возможно путем замеров или расчетными методами. В случае превышения нормативов концентрации

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сураут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вредных веществ в воздухе следует указать методы и средства обеспечения безопасной концентрации вредных веществ – коллективные и индивидуальные средства защиты.

7.2.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.

Для защиты от поражения движущимися механизмами станка предусмотрены:

- защитные ограждения, которые ограничивают любое даже специальное попадание человека в опасную зону.
- использование автоматической блокировки, исключающей возможность ведения рабочих операций при незафиксированном рабочем материале или при его не правильном положении (установке).
- на наружную сторону ограждения наносят или крепят предупреждающий знак.

2. Электрический ток.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные. Коллективные основные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление; зануление; защитное отключение. При необходимости производится расчет защитного заземления, зануления, выбор устройств автоматического отключения. Индивидуальные основные в установках до 1000 В – это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками,

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсаторпровода Ямбург-Уренгой-Сурагут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

указатели напряжения. В работе необходимо провести обоснование выбора индивидуальных основных и дополнительных изолирующих электрозащитных средств данного рабочего места. Также обосновываются организационные мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электроустановок.

3. Пожаро-взрывоопасность.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов. С целью обеспечения взрывопожаробезопасности, для всех веществ установлена предельно-допустимая взрывобезопасная концентрация (ПДВК), она составляет 5% величины нижнего концентрационного предела распространения пламени. ПДВК имеет большое значение при оценке степени риска при проведении различного вида работ, связанных с выделением горючих паров и газов. Рабочие места должны быть оборудованы средствами пожаротушения.

7.3. Экологическая безопасность.

Экологичность используемых покрытий Protegol UR-Coating 32-60 для переизоляции конденсаторпровода[5]:

- возможность без негативных последствий для здоровья работников и для экологии окружающей среды выполнять работы по нанесению изоляционных материалов;
- покрытия серии Protegol имеют на основании заключений европейских институтов гигиены допуск к питьевой воде;
- антикоррозионные материалы Protegol UR-Coating 32-60 не содержат растворителей.

В результате исследований, подтвержденных данными Института Испытаний материалов и Химии Technischer Ueberwachungsverein Rheinland E.V., было установлено, что срок эксплуатации изделий, изолированных с

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсаторпровода Ямбург-Уренгой-Суругут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

помощью Protegol (температура эксплуатации +40 градусов), намного превышает 40 лет. Эти данные также подтверждены практикой и исследованиями, проводившимися в Канаде. Комплексы для переизоляции и изоляции трубопроводов представлены в мире оборудованием, которое производят компании Incal Pipeline Rehabilitation (США), Eupec Services (Франция). Необходимо отметить для трассовых и базовых условий актуальную возрастающую необходимость применять технологии, позволяющие выполнять работы, в том числе антикоррозионные, в суровых северных условиях при резко отрицательных температурах воздуха. Антикоррозионные системы Protegol разработаны для нанесения и полимеризации при положительной температуре, однако для работ в зимних условиях. Сборное укрытие с нагревом воздуха до положительных температур легко и оперативно создаются сборные укрытия с нагревом воздуха до положительных температур дизель-генераторами, УМП. В этих условиях современный полиуретановый быстрополимеризующийся материал Protegol UR-Coating 32-60, который наносится без грунтовочного слоя, сертифицированной толщиной 1,5 мм, с теоретическим расходом на 1 м² покрытия при плотности материала 1,2 г/см³ - 1,8 кг, позволяет засыпать или штабелировать изолированные изделия уже через 10 минут после нанесения покрытия, что резко упрощает и удешевляет технологические изоляционные процессы. Для антикоррозионной модернизации линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут» могут эффективно применяться изоляционные системы с ресурсосберегающим потенциалом – по трудоёмкости, по затратам, по длительности качественной эксплуатации без ремонтов. Системы Protegol, и в том числе Protegol UR-Coating 32-60, на практике демонстрируют такие характеристики.

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
						72

7.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, а также значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности.

С 1992 по 2001 г. на объектах магистральных трубопроводов произошло 545 аварий. Среднегодовой показатель аварийности составляет 50-60 аварий и в целом не имеет устойчивой тенденции к снижению [4].

Основные причины аварий на объектах магистральных трубопроводов:

- внешние физические (силовые) воздействия на трубопроводы, включая криминальные врезки, повлекшие утечки;
- нарушения норм и правил производства работ при строительстве и ремонте, отступления от проектных решений;
- коррозионные повреждения труб, запорной и регулирующей арматуры;
- нарушения технических условий при изготовлении труб и оборудования;
- ошибочные действия эксплуатационного и ремонтного персонала.

Основной причиной аварий на действующих газопроводах за предыдущие годы является стресс-коррозия (табл.7.3). Отмечается тенденция роста аварий по этой причине. Если за период с 1990 по 2000 годы средний показатель аварий из-за коррозии под напряжением составил 22,5% от числа общих аварий, то 2000 году - 37,8% [3].

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7.3.– Основные причины аварий на газопроводах

Причины аварий	% от общего числа
Наружная коррозия	28,9
в т. ч. по КРН	22,5
Механические повреждения	19,0
Брак строительно-монтажных работ	21,9
в т. ч. брак сварки	13,0
Дефекты труб	11,4
Стихийные бедствия	9,5

Для безаварийной работы конденсатопровода, в частности, для предотвращения возникновения пожаро- и взрывоопасных ситуаций на линейной части следует руководствоваться следующими правилами:

1. Трасса конденсатопровода должна быть обозначена опознавательными знаками высотой 1,5 – 2,0 м через каждый километр, а также в местах поворота трассы. На пересечениях дорог должны устанавливаться предупреждающие плакаты «Огнеопасно, нефтепровод» с номером телефона эксплуатирующей организации и указанием ширины охранной зоны.

2. В местах пересечения конденсатопровода с железными и автомобильными дорогами всех категорий устанавливается соответствующий дорожный знак, запрещающий остановку транспортных средств в пределах охранной зоны, а также щит-указатель с наименованием эксплуатирующей организации и номером телефона.

3. При осмотре переходов конденсатопровода через железные и автомобильные дороги всех категорий необходимо уделять особое внимание выявлению возможной утечки продукта.

4. Линейные обходчики, персонал службы эксплуатации конденсатопровода, обнаружив выход продукта или повышенную загазованность на трассе, должны немедленно сообщить об этом по радиии или с ближайшего пункта связи оператору перекачивающей станции.

5. Трасса конденсатопровода и линейные сооружения должны содержаться в исправном состоянии и чистоте. Утечка продукта должна своевременно устраняться, а сборники конденсата систематически очищаться.

6. Запорная арматура на конденсатопровода должна иметь защитные ограждения и защитные устройства, предупреждающие доступ к ней посторонних лиц.

7. В случае повреждения конденсатопровода или обнаружения выхода конденсата при выполнении ремонтных работ на трассе, руководитель работ должен отвести технические средства на безопасное расстояние, известить оператора или диспетчера ближайшей нефтеперекачивающей станции и вызвать аварийную бригаду.

8. Сооружения и оборудование линейной части (задвижки, краны, вантузы и др. оборудование), а также их ограждения должны содержаться в исправном состоянии, а растительность в пределах ограждения систематически убираться.

7.5. Расчёт ущерба почве при проколе конденсатопровода.

$T_a=12$ ч 00 мин - время повреждения трубопровода;

$T_0=12$ ч 30 мин - время остановки насосов;

$T_3=12$ ч 45 мин - время закрытия задвижек;

$T_i=0,1$ ч - элементарный интервал времени, внутри которого режим истечения принимается неизменным;

$Q_0=1,74$ м³/с - расход газового конденсата в неповрежденном трубопроводе при работающих насосных станциях;

$Q'=1,87$ м³/с - расход газового конденсата при работающих насосах в поврежденном трубопроводе;

$d=513$ мм. – внутренний диаметр трубопровода;

$Z_1=210$ м - геодезическая отметка начала аварийного участка;

$Z_2=130$ м - геодезическая отметка конца аварийного участка;

$P_1=6,1 \cdot 10^6$ Па - давление в начале участка;

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Суругут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$P_2=2,41 \cdot 10^6$ Па - давление в конце участка;

$m_0=0,25$ - показатель режима движения по трубопроводу;

$x^*=66$ км - расстояние от насосной станции до места повреждения;

$K_n=0,4$ - коэффициент емкости земли;

$F_{гр} = 800 \text{ м}^2$ – площадь газонасыщенного грунта;

$h_{ср}=0,12$ м – средняя глубина пропитки грунта на всей площади грунта;

$K_{э(i)}=1,1$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости грунта в данном регионе;

$K_r=1,3$ - коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель;

$K_{т.н.}=4$ - класс токсичности.

$K_p=2$ – коэффициент пересчета, принимаемый в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель;

$K_b=1,5$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель нефтью;

7.5.1. Расчет количества газового конденсата, вылившегося из трубопровода:

Объём V_1 продукта, вытекшего из трубопровода с момента возникновения аварии T_a до момента остановки насосов T_0 определяется соотношением:

$$V_1 = Q_1 T_1 = Q_1 (T_a - T_0) = 0,06 \cdot 1800 = 108 \text{ м}^3 \quad (7.1)$$

где Q_1 – расход через место повреждения с момента возникновения аварии до остановки перекачки, м³/ч;

T_1 – продолжительность истечения из поврежденного трубопровода при работающих насосных станциях, с;

T_0 – время остановки насосов после повреждения, с;

T_a – время повреждения трубопровода, с.

Время повреждения и остановки фиксируется системой автоматического контроля режима перекачки.

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сураут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Гидравлический уклон при перекачки по исправному трубопроводу:

$$i_0 = \frac{\lambda \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} = \frac{0,0159 \cdot 1,57^2}{0,513 \cdot 2 \cdot 9,81} = 0,0017 \quad (7.3)$$

Средняя скорость течения газового конденсата по трубопроводу:

$$V = \frac{4 \cdot Q_0}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1,74}{3,14 \cdot 0,513^2} = 1,57 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (7.3)$$

Проверка режима течения:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{1,57 \cdot 0,513}{0,076 \cdot 10^{-4}} = 245416 \quad (7.4)$$

$$\Delta = 20 \cdot 10^{-2} \quad (7.5)$$

$$\frac{10d}{\Delta} < Re < \frac{500d}{\Delta} \quad (7.6)$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 0,0159 \quad (7.7)$$

Расход через место повреждения Q_1 определяется как:

$$Q_1 = Q' - Q_0 \left(\frac{z_1 - z_2 + \frac{P_1 - P_2}{\rho g} - i_0 x^* \left(\frac{Q'}{Q_0} \right)^{2-m_0}}{(1 - x^*) i_0} \right)^{\frac{1}{2-m_0}} = 0,06 \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.8)$$

где Q' – расход в трубопроводе в поврежденном состоянии, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_0 – расход в трубопроводе при работающих насосных станциях в исправном состоянии, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Z_1 – геодезическая отметка начала участка трубопровода, м;

Z_2 – геодезическая отметка конца участка трубопровода, м;

P_1 – давление в начале участка трубопровода в поврежденном состоянии, Па;

P_2 – давление в конце участка трубопровода в поврежденном состоянии, Па;

ρ – плотность перекачиваемого продукта, кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

i_0 – гидравлический уклон при перекачке по исправному НП;

x^* – протяженность участка трубопровода от насосной станции до места повреждения, м;

m_0 – показатель режима движения по трубопроводу в исправном его состоянии;

l – протяженность участка трубопровода между двумя насосными станциями, м.

7.5.2. Оценка степени загрязнения земель

Степень загрязнения земель определяется насыщенностью грунта.

Объем насыщенного грунта разлившимся продуктом:

$$V_{гр} = F_{гр} * h_{ср} = 800 * 0,12 = 96 \text{ м}^3 \quad (7.9)$$

где $F_{гр}$ – площадь газонасыщенного грунта, м²;

$h_{ср}$ – средняя глубина пропитки грунта на всей площади газонасыщенного грунта, м.

Объем продукта впитавшегося в грунт:

$$V_{вп} = K_n * V_{гр} = 0,4 * 96 = 38,4 \text{ м}^3 \quad (7.10)$$

где K_n – коэффициент емкости грунта.

Масса газового конденсата впитавшегося в грунт [1]:

$$M_{вп} = V_{вп} * \rho = 38,4 * 0,6 = 23,04 \text{ кг} \quad (7.11)$$

7.5.3. Оценка ущерба окружающей природной среде, подлежащего компенсации, от загрязнения земель.

$$\begin{aligned} Y_{гр} &= H_c * F_{гр} * K_{п} * K_{в} * K_{э} * K_{г} = 1448 * 800 * 10 * 1,5 * 1,1 * 1 = \\ &= 19113600 \text{ руб} \end{aligned} \quad (7.12)$$

где H_c – норматив стоимости сельскохозяйственных земель, руб/т;

$F_{гр}$ – площадь газонасыщенного грунта, м²;

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сураут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{π} – коэффициент пересчета, принимаемый в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель нефтью;

$K_{\text{э(и)}}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости грунта в данном регионе;

$K_{\text{г}}$ – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель.[2]

7.5.4.Вывод.

Ущерб почве при проколе конденсатопровода составил 19113600 руб, количество вылившегося газового конденсата составило 108 м³.

					Социальная ответственность при оценке технического состояния конденсатопровода Ямбург-Уренгой-Сургут с целью повышения его надежности и безопасной эксплуатации.	Лист 79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В ходе выполнения данной работы был проведен анализ данных о конструктивном и технологическом исполнении, геологических условий прокладки конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут», выполненных ремонтных работах. На основе анализа возникали сложности в связи с отсутствием единой системы отсчета по линейной части данных конденсатопроводов.

Также был проведен конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, влияющих на интенсивность процессов накопления повреждений, зарождения и развития дефектов на объектах линейной части конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой-Сургут». В результате анализа выявлены потенциально-опасные участки, за которыми необходим тщательный контроль и дополнительная разработка технических решений для предупреждения критических отказов на них.

Был проведен расчет трубопровода на устойчивость, в результате которого было подтверждено условие устойчивости криволинейных участков трубопровода. Разработаны эффективные технические решения, подтвержденные расчетами степени эффективности, оценкой планируемого экономического эффекта в соответствии с СТО Газпром РД 1.12-096-2004 и возможным улучшением критериев оценки показателей надежности. По итогам экономической оценки предложенных методов ремонта выявлены наиболее экономически эффективные материалы для ремонта.

Необходимо рассмотреть надежность всей транспортной системы конденсатопроводов «Ямбург-Уренгой» и «Уренгой-Сургут», а не только линейной части, что даст наиболее полный ответ на состояние конденсатопроводной системы.

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Заключение			Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Шарапов М.П.								
Руковод.		Наплёков В.И.							80	23
Консульт.		Саруев А.Л.						ТПУ ИПР гр. 2Б2А		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.								

Список использованных источников

1. ВРД 39-1.10-049-2001 Правила технической и безопасной эксплуатации конденсатопродуктопроводов
2. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.
3. ГОСТ 55414-2013 Месторождения газовые, газоконденсатные, нефтегазовые и нефтегазоконденсатные. Требования к техническому проекту разработки.
4. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности.
5. Патент на изобретение № 2240468 «Муфта для ремонта трубопровода и способ ее установки» от 20.11.2004 г.
6. Патент на изобретение № 2256841 «Трубная муфта и способ ее изготовления» от 20.07.2004 г.
7. Патент на полезную модель №56552 «Муфта для ремонта трубопроводов» от 10.09.2006 г.
8. ГОСТ Р 15.011-96 Патентные исследования. Содержание и порядок проведения
9. РД 51-4.2.-003-97 Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов
10. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы (актуализированная версия СНиП 2.05.06-85*).
11. ТУ 2296-002-46774250-2003 Ремонтная стеклопластиковая муфта.
12. Айнбиндер А.Б., Камерштейн А.Г. Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. М.: Недра. 1982. 341 с.
13. Геокриология СССР. Западная Сибирь /М.: Недра, 1989. – 454 с.
14. Журнал «Евразия» 2006г №7.

					Повышение надежности и безопасной эксплуатации конденсатопровода «Ямбург-Уренгой-Сургут»						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Список использованных источников		Лит.	Лист	Листов		
Разраб.		Шарапов М.П.							81	23	
Руковод.		Наплёков В.И.					ТПУ ИПР гр. 2Б2А				
Консульт.		Саруев А.Л.									
Зав. Каф.		Рудаченко А.В.									

15. Журнал Нефтегаз, №9, 2007 г. Статья – Опыт внедрения металло-стеклопластиковых муфт с болтовой затяжкой типа РСМ, используемых для ремонта газопроводов на объектах ООО «Севергазпром»
16. Компания «Газпром ВНИИГАЗ» [Электронный ресурс] / URL: <http://www.vniigaz.gazprom.ru>, свободный.- Загл. с экрана.- Яз.рус, англ. Дата обращения: 11.05.2016г.
17. Ланчаков Г.А., Степаненко А.И., Власов С.В., Егурцов С.А., Великоцкий М.А., Чигир В.Г., Марахтанов В.П., Фокеева М.В., Худяков О.И. Коррозионная агрессивность почв и грунтов трасс подземных газопроводов / М.: ООО «ИРЦ газпром», 2008. – 136 с.
18. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах (утв. Минтопэнерго РФ 1 ноября 1995 г.)
19. Мясников В.А. Оценка параметров конструктивной надежности длительно эксплуатируемых трубопроводов западной сибери. Тюмень: ТюмГНГУ. 2004. С.3-34.
20. Ращепкин К.Е. Обнаружение утечек нефти и нефтепродуктов в трубопроводах. - М.: «Недра», 1989.
21. Ремизов В.В., Сулейманов Р.С., Чигир В.Г, Егурцов С.А., Кульков А.Н., Пазиняк В.В. и др. Воздействие цикличности климата и криолитозоны на инженерные сооружения / Газовая промышленность. М.: 1998, № 9. – С. 38-39.
22. Сайт о нанотехнологиях в России [Электронный ресурс] / URL: <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/gazprom-rosnano-dogovoryatsya-o-sovmestnykh-proektakh>, свободный.- Загл. с экрана.-Яз.рус. Дата обращения: 10.05.2016г.
23. Семченко В.К., Низьев С.Г., Ронис А.Л., Низьева Ю.С. Заводская изоляция труб – вчера, сегодня, завтра. Журнал «трубопроводный транспорт: теория и практика», №2, 2005

- 24.Стеклопластиковые муфты. Преимущества, недостатки, направления совершенствования и расширения области применения. Статья. Журнал «Сфера нефтегаз». Номер 4. 2011г.
- 25.Учебное пособие по расчету ущерба окружающей природной среде при авариях на нефтепроводах с использованием программного продукта «Аварии на нефтепроводах». Фомина Е.Е.– М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 56 с.
- 26.Харионовский В.В. Повышение надежности газопроводов в сложных условиях. Л.: Недра. 1990 180 с.
- 27.Хренов Н.Н. Основы комплексной диагностики северных трубопроводов. Наземные исследования / М: Газоил пресс, 2005. – 608 с.
- 28.Чернядьев В.П., Чеховский А.Л., Стремяков А.Я., Пакулин В.А. Прогноз теплового состояния грунтов при освоении северных районов / М.: Наука, 1984.
- 29.Чигир В.Г, Степаненко А.И., Пазиняк В.В., Хренов Н.Н., Егурцов С.А. Подводные переходы рек тундровой зоны / Газовая промышленность, 1995, № 11, с. 16-17.
- 30.Чигир В.Г., Егурцов С.А., Сулейманов Р.С. Нефтегазовое освоение Крайнего Севера: уникальность природных условий. – М.: Нефть, газ и бизнес, 1999. - № 1. С. 33-38.