



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
ООП/ОПОП «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»
Отделение школы (НОЦ) Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Организация и контроль проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах

УДК 622.691.4.053-027.45

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	К.П.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОНД	Шарф И.В.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ООД	Сечин А.А.	К.Т.Н.		

Консультант - лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОИЯ ШБИП	Айкина Т.Ю.	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОНД	Шадрина А.В.	Д.Т.Н.		

Томск – 2023 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

21.04.01 «Нефтегазовое дело»

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
<i>Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»</i>		
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-1	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи на основе фундаментальных знаний в нефтегазовой области	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-2	Способен осуществлять проектирование объектов нефтегазового производства	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-5	Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в нефтегазовой отрасли и смежных областях	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ</i>
ОПК(У)-6	Способен участвовать в реализации основных и дополнительных профессиональных образовательных программ, используя специальные научные и профессиональные знания	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004</i>
<i>Специализация «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»</i>		
ПК(У)-1	Способность разрабатывать учебно-методическое обеспечение программ профессионального обучения, а также реализовывать их	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарт: 01.004</i>
ПК(У)-2	Способность анализировать и обобщать данные о работе технологического оборудования, осуществлять контроль, техническое сопровождение и управление технологическими процессами в нефтегазовой отрасли	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
ПК(У)-3	Способность оценивать экономическую эффективность инновационных решений в области трубопроводного транспорта углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-4	Способность обеспечивать безопасную и эффективную эксплуатацию и работу технологического оборудования нефтегазовой отрасли	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-5	Способность участвовать в управлении технологическими комплексами, принимать решения в условиях неопределенности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-6	Способность применять полученные знания для разработки и реализации проектов, различных процессов производственной деятельности на основе методики проектирования в нефтегазовой отрасли, а также инструктивно-нормативных документов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>
ПК(У)-7	Способность применять современные программные комплексы для проектирования технических устройств, аппаратов и механизмов, технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ Профстандарты: 19.010, 19.026, 19.055</i>



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП ОНД ИШПР

Шадрина А.В.

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ12	Панфиловой Виктории Дмитриевны

Тема работы:

Организация и контроль проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№37-60/с от 06.02.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Объект исследования – линейный участок магистрального газопровода «Сила Сибири» 30 – 56 км Диаметр трубопровода: 1420 мм Рабочее давление: 9,8 МПа Класс прочности трубопровода: К60 Категория трубопровода: I</p>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p>Литературный обзор источников по проектированию, эксплуатации и обслуживанию линейной части магистрального газопровода; Изучение объекта и анализ способов проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность; Выбор оптимального метода; Расчет упущенной выгоды вследствие несвоевременного ввода оборудования в эксплуатацию; Расчет технологических параметров осушки газопровода с применением осушителя; Анализ полученных результатов, разработка рекомендаций по повышению эффективности проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность.</p>
Перечень графического материала	Рисунки, схемы, таблицы

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф И.В, профессор ОНД
«Социальная ответственность»	Сечин А.А., доцент ООД
Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШПИБ	Айкина Т.Ю., доцент ОИЯ ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: выполнен литературный обзор на базе англоязычных источников на тему - Pipeline drying methods	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.п.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна		



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
Уровень образования магистратура
Отделение нефтегазового дела
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2023	<i>Введение</i>	5
09.02.2023	<i>Обзор литературы</i>	10
21.02.2023	<i>Общие сведения о месте производства работ</i>	10
20.03.2023	<i>Выбор технического решения при проведении испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность</i>	20
27.04.2023	<i>Расчеты и аналитика</i>	20
15.05.2023	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
22.05.2023	<i>Социальная ответственность</i>	5
28.05.2023	<i>Заключение</i>	5
04.06.2023	<i>Презентация</i>	15
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.п.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОНД	Шадрина А.В.	д.т.н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа магистранта содержит 121 страницу, 20 рисунков, 13 таблицы, 37 литературных источников.

Ключевые слова: магистральный газопровод, испытания на прочность, проверка на герметичность, пневматические испытания, осушка.

Объектом исследования является линейный участок магистрального газопровода.

Цель работы: выбор технического решения при проведении испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность, направленного на соблюдение сроков производства работ.

В процессе исследования был проведен анализ способов проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность.

В результате исследования были разработаны рекомендации по повышению эффективности проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность путем внедрения осушителя на заключительном этапе проведения испытаний.

Область применения: линейная часть магистрального газопровода и транспорт газа.

Практическая значимость работы: был предложен метод повышения эффективности проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность путем внедрения осушителя, который позволит сократить время основного этапа осушки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Реферат		
					Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах		
Разраб.		Панфилова В.Д.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.				7	121
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.			Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

Сокращения

МГ – магистральный газопровод

ЛЧ МГ – линейная часть магистрального газопровода

КС – компрессорная станция

ММГ – многолетнемерзлый грунт

ППР – проект производства работ

ТУ – технические условия

ТТР – температура точки росы

Термины и определения

Магистральный газопровод: Технологически неделимый, централизованно управляемый имущественный производственный комплекс, состоящий из взаимосвязанных объектов и сооружений, являющихся его неотъемлемой технологической частью, предназначенных для транспортировки подготовленной в соответствии с требованиями национальных стандартов продукции (природного газа) от объектов добычи и/или пунктов приема до пунктов сдачи потребителям и передачи в распределительные газопроводы или иной вид транспорта и/или хранения.

Грунт многолетнемерзлый: Грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

Давление испытательное: Максимальная величина давления, назначаемая при испытании газопроводов на прочность.

Очистка полости: Удаление загрязнений (грунт, вода, грат и различные предметы) из полости трубопровода.

Испытание на прочность: Испытание газопроводов (труб, арматуры, фитингов, узлов и оборудования) статическим внутренним давлением, превышающим рабочее давление, устанавливаемое проектом, с целью

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах			
Разраб.		Панфилова В.Д.			Сокращения, термины и определения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.					8	121
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

подтверждения возможности эксплуатации объекта при рабочем давлении.

Испытания гидравлические: Испытания трубопровода на прочность и герметичность давлением жидкости в течение определенного времени.

Испытания пневматические: Испытания трубопровода с использованием в качестве напорной среды воздуха (газа).

Испытания комбинированные: Испытания трубопроводов с применением двух напорных сред - природного газа и воды или воздуха и воды.

Осушка полости газопровода: Технологический процесс, направленный на снижение влагосодержания в полости газопровода.

Удаление воды: Освобождение полости газопровода от воды после его испытания, в том числе путем пропуска поршней под давлением сжатого воздуха.

Проверка на герметичность: Выдержка газопровода под рабочим давлением в течение нормированного промежутка времени с проверкой осмотром, обходом и приборным контролем отсутствия утечек из него воздуха (воды).

Температура точки росы: Температура при конкретном давлении, при которой начинается конденсация паров воды.

Охранная зона, устанавливаемая на период проведения испытаний: Территория с особым режимом, устанавливаемым на период проведения испытаний и очистки газопровода.

					Сокращение, термины и определения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Содержание

Введение.....	13
1. Общие сведения.....	15
1.1 Основные сведения о магистральном газопроводе «Сила Сибири»	15
1.2 Природно-климатические условия трассы газопровода	16
1.3 Требование к строительству магистрального газопровода «Сила Сибири»	17
1.4. Прокладка газопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами ...	19
2. Способы проведению испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность.....	21
2.1 Очистка полости трубопровода.....	22
2.2 Испытания на прочность и проверка на герметичность	23
2.3 Осушка полости трубопровода.....	24
3 Анализ технического решения по проведению испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность.....	31
3.1 Выбор осушителя сжатого воздуха.....	35
4. Расчетная часть.....	36
4.1 Расчет газопровода на прочность и устойчивость.....	36
4.1.1 Определение толщины стенки трубопровода.....	36
4.1.2 Проверка на прочность подземного трубопровода в продольном направлении.....	38
4.1.3 Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций	39
4.1.4 Проверка общей устойчивости трубопровода в продольном направлении.....	41
4.2 Расчет суточной производительности газопровода	44
4.3 Расчет технологических параметров осушки газопровода.....	45

					Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Панфилова В.Д.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>				10	121
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Шадрина А.В.</i>			Содержание Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

4.3.1	Оценка количества остаточной воды в полости линейной части МГ перед осушкой и определение необходимого числа пенополиуретановых поршней	45
4.3.2	Определение количества влаги в трубопроводе в паровой фазе перед началом осушки	46
4.3.3	Определение количества влаги, выносимой из трубопровода в процессе осушки.....	48
4.3.4	Оценка количества воды, оставшейся в трубопроводе после достижения ТТР минус 20°С, и времени доосушки	50
5	Технологическая часть.....	54
5.1	Предварительные работы	54
5.2	Очистка полости трубопроводов.....	55
5.3	Подъем давления на участке до величины 2МПа.....	56
5.4	Стабилизация давления на участке	58
5.5	Испытание на прочность участка	58
5.6	Снижение давления на участке до величины проверки на герметичность	60
5.7	Проверка на герметичность участка	60
5.8	Сброс давления на участке до атмосферного	61
5.9	Завершающие работы	61
5.10	Осушка полости трубопровода.....	62
5.11	Мероприятия по повышению эффективности осушки продувкой.....	64
5.12	Контроль качества осушки.....	66
6	Социальная ответственность.....	70
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
6.2	Производственная безопасность	72
6.2.1	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	73
6.2.2	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	76
6.3	Экологическая безопасность.....	80

					Содержание	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	82
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	86
7.1	Расчет амортизационных отчислений.....	87
7.2	Расчет стоимости материалов.....	89
7.3	Расчет заработной платы.....	91
7.4	Расчет страховых взносов.....	93
7.5	Оценка экономической эффективности проекта.....	94
	Заключение.....	97
	Список использованной литературы.....	98
	Приложение II.....	104

Введение

Газовая индустрия в Российской Федерации является одним из наиболее динамично развивающихся секторов экономики. В последние годы она заняла лидирующую позицию в производстве топливно-энергетических ресурсов.

Магистральные газопроводы представляют собой уникальные объекты строительства, которые имеют большое народнохозяйственное значение. Чтобы обеспечить надежную эксплуатацию, газопроводы должны соответствовать специальным требованиям прочности, герметичности и чистоты внутреннего пространства. Прочность газопровода необходима на всей его протяженности, поскольку даже разрушение в одном месте может привести к прекращению транспортировки продукта, а в некоторых случаях - к более серьезным последствиям. Нарушение герметичности вызывает значительные потери транспортируемых продуктов и простои для потребителей. Устранение дефектов при эксплуатации сопряжено с высокими затратами из-за остановок в перекачке и большого объема строительного-монтажных работ.

В финальной стадии строительства газопровода проводятся технологические операции, включающие очистку полости, испытания на прочность и осушку. Оценка качества выполненных строительных работ и определение важных характеристик, таких как прочность, герметичность, чистота полости и уровень влажности, осуществляются на этих этапах, которые расположены между завершением строительства и вводом газопровода в эксплуатацию. Кроме того, проведение данных операций способствует оценке реальной конструктивной надежности газопровода в целом и на его отдельных участках.

В северной строительно-климатической зоне, которая характеризуется

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.			Лист	Листов	
					Введение					
Разраб.	Панфилова В.Д.									
Руковод.	Брусник О.В.								13	121
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.									
								Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

сложными природными условиями, низкими температурами грунта и окружающего воздуха, в настоящее время ведется строительство новых магистральных газопроводов.

Климат района проведения работ резко-континентальный. Средняя годовая влажность района составляет 70%. Таким образом, после проведения пневматического испытания трубопровода во внутренней полости образуется большое количество конденсата, что значительно затрудняет последующий процесс осушки. В некоторых случаях перед осушкой может потребоваться вытеснение капельной жидкости с поверхности трубопровода с помощью поршней, которые многократно пропускают через трубопровод за счет разности давлений, обеспечиваемой сжатым воздухом.

В связи с этим существует необходимость разработки мероприятий по проведению испытаний на прочность и герметичность магистрального газопровода, позволяющих сократить время проведения последующего этапа работ и ввода его в эксплуатацию.

Целью работы является выбор технического решения при проведении испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность, направленного на соблюдение сроков производства работ.

Задачи, поставленные в ходе проведения работы:

1. Изучение нормативных требований по проектированию, эксплуатации и обслуживанию линейной части магистрального газопровода
2. Анализ способов проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность
3. Разработка рекомендаций по повышению эффективности проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность
4. Расчет упущенной выгоды вследствие несвоевременного ввода оборудования в эксплуатацию
5. Расчет технологических параметров осушки газопровода

Объект исследования: участок 30 - 56 км магистрального газопровода «Сила Сибири»

					Введение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1. Общие сведения

1.1 Основные сведения о магистральном газопроводе «Сила Сибири»

Магистральный газопровод "Сила Сибири" - один из крупнейших газопроводов в стране и имеет стратегическое значение для транспортировки природного газа.

Основные сведения о магистральном газопроводе "Сила Сибири":

1. Расположение: Газопровод пролегает через территорию республики Саха (Якутия) в России. Он начинается на газовом месторождении Чаянды и протягивается до китайской границы.

2. Назначение: Газопровод "Сила Сибири" предназначен для транспортировки природного газа из восточной части России в Китай. Этот газопровод является частью энергетического проекта, направленного на расширение сотрудничества в энергетической сфере между Россией и Китаем.

3. Протяженность: Общая протяженность газопровода "Сила Сибири" составляет около 3 000 километров.

4. Производство: Газопровод был построен и введен в эксплуатацию в 2019 году. За проект отвечала компания "Газпром", которая является крупнейшим производителем и поставщиком природного газа в России.

5. Пропускная способность: Газопровод "Сила Сибири" имеет большую пропускную способность, позволяющую перевозить значительное количество природного газа. Это позволяет обеспечить поставки газа из России в Китай для удовлетворения потребностей китайского рынка в природном газе.

6. Важность: "Сила Сибири" имеет стратегическое значение для обеих стран - России и Китая. Он способствует укреплению экономического сотрудничества и энергетической безопасности между двумя государствами.

7. Технические характеристики: Газопровод "Сила Сибири" оснащен

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общие сведения		
					Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах		
Разраб.		Панфилова В.Д.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.				15	121
Рук-ль ООП		Шадрина А.В.			Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

передовыми технологиями и системами для обеспечения безопасности и эффективности его эксплуатации. Диаметр трубопровода составляет 1420 мм, а рабочее давление достигает 9,8 МПа, сталь трубопровода К60.



Рисунок 1 – Схема расположения газопровода «Сила Сибири»

Магистральный газопровод «Сила Сибири» играет важную роль в развитии энергетического сотрудничества между Россией и Китаем, способствуя обеспечению стабильных поставок природного газа и укреплению экономических связей [1].

1.2 Природно-климатические условия трассы газопровода

Трасса газопровода проходит в экстремальных природно-климатических условиях. Абсолютные минимальные температуры воздуха на территории прохождения газопровода «Сила Сибири» составляют до минус 62°С в Республике Саха (Якутия).

В окрестностях работ существует значительно контрастный климат, сопровождающийся суровой зимой и жарким, но кратким летом. Июль, превращающийся в самый теплый месяц, радует нас максимальной

					Лист
Общие сведения					16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

температурой, достигающей плюс 36 °С, в то время как январь, самый холодный из них, опускает температуру до минус 62 °С. Среднегодовое количество осадков составляет около 400 мм. Климат очень сухой, особенно зимой, когда воздух очень холодный. В таких условиях может происходить образование дымки и метельной пыли, которые усложняют процесс строительства, движение на дорогах и приводят к ограничениям в авиасообщении.

1.3 Требование к строительству магистрального газопровода «Сила Сибири»

Прокладка газопровода осуществляется подземно. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения магистральных трубопроводов и их объектов вокруг них устанавливаются охранные зоны, размеры которых и порядок производства в них сельскохозяйственных и других работ регламентируются Правилами охраны магистральных трубопроводов.

Трубопроводы и их сооружения следует проектировать с учетом максимальной индустриализации строительно-монтажных работ за счет применения, как правило, труб с заводской изоляцией и сборных конструкций в блочно-комплектном исполнении из стандартных и типовых элементов и деталей, изготовленных на заводах или в стационарных условиях, обеспечивающих качественное их изготовление. При этом принятые в проектной документации решения должны обеспечивать бесперебойную и безопасную эксплуатацию трубопроводов.

При строительстве газопровода учитывается рельеф местности, и прокладка осуществляется в соответствии с ним. Важным требованием является глубина залегания трубы, которая должна быть не менее 1 метра от верха земли. Ширина траншеи внизу определяется различными факторами, такими как назначение газопровода, его диаметр, характеристики грунта, наличие балластировки и другие условия прокладки, учитываемые в соответствии с указаниями [2].

					Общие сведения	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Особенностью трассы газопровода является наличие почвенных отложений на дне траншеи, которые являются результатом выветривания горных пород и полугоризонтального грунта. В случае более длительной остановки строительства необходимо учитывать этот фактор и обеспечить в траншее защитный слой грунта толщиной не менее 300 мм. Если траншея была вырыта до указанной отметки, то защитный слой должен быть выполнен в виде земляного экрана разрушенной конструкции, который необходимо утрамбовать (вбить) на глубину не менее 500 мм с учетом отсутствия дренажной зоны [3].

Для обеспечения безопасности и стабильности трубопроводов необходимо осуществлять уплотнение грунта под ними. Важно избегать провисания трубопроводов, так как это может привести к нежелательным последствиям.

При прокладке трубопровода в углах поворотов необходимо постепенно расширять траншею, чтобы обеспечить достаточную ширину в вершине угла. Ширина в этой области должна быть двукратной по сравнению с прямолинейными участками. При засыпке траншеи необходимо тщательно уплотнять грунт по всей длине поворотов.

При создании изгибов в вертикальной и горизонтальной плоскостях трубопровода используются специальные гибкие трубы, включая холодные и индукционно нагреваемые отводы, которые производятся на заводах. Минимальный радиус изгиба при вертикальном и горизонтальном изгибе составляет не менее 1500 метров для обеспечения прочности и стабильности положения трубопровода [2].

При размещении кривых поворотов, которые состоят из отводов, на местности необходимо строго соблюдать проектные параметры. Запрещается создание круговых кривых и использование усредненных значений радиусов для размещения поворотов трубопровода. Для прокладки траншеи под трубопровод используется одноковшовый экскаватор. Если грунт состоит из многолетнемерзлых или скальных пород, то перед этим производится

					Общие сведения	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рыхление с помощью буровзрывного или механизированного метода, с использованием трактора-рыхлителя в зависимости от типа грунта. При прокладке газопровода в скальных, гравийно-галечниковых, щебенистых грунтах или на участках многолетнемерзлых пород, а также при строительстве в зимнее время, газопровод защищается подушкой и обсыпкой из привозного минерального грунта.

1.4. Прокладка газопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами

Прокладка газопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами, сочетающая II и III принципы использования вечной мерзлоты, предусматривает ряд особенностей. Вот некоторые из них:

1. Теплоизоляция: На таких участках применяется теплоизоляция, которая помогает сохранять многолетние грунты в замороженном состоянии. Это особенно важно на участках, где изменяется положительная температура газа в течение эксплуатационного периода.

2. Теплотехнические расчеты: При проектировании прокладки газопровода проводятся теплотехнические расчеты, которые позволяют определить ореол промерзания почвы и температуру грунта. Это помогает определить необходимые меры по теплоизоляции и подбору материалов для прокладки.

3. Применение теплоизоляционных материалов: На участках с многолетнемерзлыми грунтами используются специальные теплоизоляционные материалы, которые обеспечивают минимальную теплопроводность и предотвращают оттаивание мерзлоты вокруг газопровода.

4. Защита от промерзания: Для защиты от промерзания грунта вблизи газопровода, могут применяться дополнительные методы, такие как использование дренажных систем, подогрев почвы или устройство специальных замерзших зон.

5. Строгое соблюдение технологических требований: При прокладке газопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами особое внимание

					Общие сведения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

уделяется соблюдению технологических требований, таких как правильная глубина заложения, использование специальных методов укладки и защиты грунта от размораживания.

Прокладка газопровода на участках с многолетнемерзлыми грунтами, сочетающая II и III принципы использования вечной мерзлоты, позволяет обеспечить надежность и долговечность газопровода в условиях переменной температуры грунта и предотвратить негативные последствия оттаивания мерзлоты на участках прокладки [4].

					Общие сведения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

заняты испытанием, обеспечена освещенность рабочих мест, приведены в готовность средства пожаротушения и обслуживающий персонал, назначенный к работе по ликвидации пожара.

Устранение недостатков, обнаруженных в процессе испытания, должно производиться после отключения и полной остановки испытываемого объекта.

2.1 Очистка полости трубопровода

Перед проведением испытаний участка газопровода проводится очистка его полости. Очистку полости трубопровода необходимо проводить для того, чтобы обеспечить надежную работу трубопровода без изменения его свойств и физико-химического состава. Ее цель — удаление из трубопровода окалины, грата, случайно попавшей грязи, воды, снега, кусков льда, посторонних предметов.

Очистка полости газопровода выполняется промывкой, продувкой или протягиванием очистного устройства с последующей установкой заглушек на концах очищенного участка для предотвращения повторного загрязнения газопровода [6].

Промывку с пропуском очистных поршней или поршней-разделителей подвергают магистральные трубопроводы, испытание которых намечено проводить гидравлическим способом. При промывке перед очистным поршнем или поршнем-разделителем заливают воду (10—15% объема очищаемого участка). Скорость перемещения очистных поршней или поршней-разделителей при промывке трубопроводов — не менее 1 км/ч.

Продувку с пропуском очистных поршней осуществляют на трубопроводах, укладываемых надземно, наземно и с частичным заглублением. При этом очистные поршни пропускают по участкам трубопровода, длина которых не превышает расстояния между двумя соседними отключающими устройствами — кранами или задвижками. Поршень движется под давлением сжатого воздуха из ресивера или газа, подаваемого с газового промысла.

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Окончательно загрязнения удаляют продувкой без пропуска очистных устройств путем создания в трубопроводе скоростных: потоков воздуха или газа. Без пропуска очистных поршней продувают также трубопроводы малого диаметра до 219 мм. Протяженность участка трубопровода, продуваемого без пропуска очистного поршня, не должна превышать 5 км.

Продувка считается завершенной, когда из продувочного патрубка очистного устройства выходит струя чистого воздуха или газа после прохождения по участку трубопровода. Если результаты неудовлетворительны, то продувка повторяется. Если после вылета очистного устройства из продувочного патрубка появляется вода, то необходимо пропустить поршень-разделитель по очищаемому участку магистрального трубопровода. Очистка трубопроводов необходима для поддержания их работоспособности и эффективности. Продувка трубопроводов - это один из методов очистки, который использует струю воздуха или газа для удаления загрязнений из труб. Если продувка не дает положительных результатов, то необходимо применить другие методы очистки, такие как химическая очистка или механическая очистка.

2.2 Испытания на прочность и проверка на герметичность

Испытания участка газопровода на прочность и проверка на герметичность, производятся после полной готовности участка или всего газопровода [9]:

- полной засыпки, обвалования или крепления на опорах;
- монтажа арматуры и приборов, приварки катодных выводов.

Линейная арматура может быть использована в качестве ограничительного элемента при испытании в случае, если перепад давлений не превышает максимальной величины, допустимой для данного типа арматуры;

- удаления персонала и вывоза техники из опасной зоны;
- обеспечения постоянной или временной связи.

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

До выполнения указанных работ в комиссию по испытанию газопровода должны быть представлена исполнительная документация на испытываемый объект.

Испытания трубопроводов (участков) на прочность и проверка на герметичность должны проводиться гидравлическим, пневматическим или комбинированным методом.

Выбор метода испытаний должен определяться следующими факторами:

- назначением трубопровода;
- природно-климатическими условиями (включая температуру грунта на уровне заложения трубопровода) и рельефом (резкопересеченная местность, перепады высот) трассы;
- протяженностью и конструктивными особенностями испытываемых участков трубопровода;
- наличием источников испытательной среды.

Испытания участков системы газопроводов рекомендуется проводить следующими способами [9]:

- участки газопровода, прокладываемые в многолетнемерзлых грунтах – пневматическим способом (воздухом, природным газ);
- участки газопровода, прокладываемые в нормальных грунтовых и погодных условиях – гидравлическим способом (водой) при положительных температурах. Допускается проведение гидравлического испытания при отрицательных температурах наружного воздуха и грунта на уровне заложения газопровода с принятием мер, исключающих замерзание воды;
- участки газопровода, прокладываемые в горных условиях – комбинированным способом (воздухом или природным газом и водой).

Гидравлические испытания

Испытание магистральных газопроводов на прочность гидравлическим способом является наиболее опробованным и распространённым видом

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

испытаний на прочность.

Гидравлическое испытание трубопроводов должно производиться преимущественно в теплое время года при положительной температуре окружающего воздуха [7].

Для гидравлических испытаний должна применяться, как правило, вода с температурой не ниже + 5 °С и не выше + 40 °С или специальные смеси (для трубопроводов высокого давления).

Однако при проведении гидравлических испытаний следует учитывать ряд факторов, вызывающих осложнения.

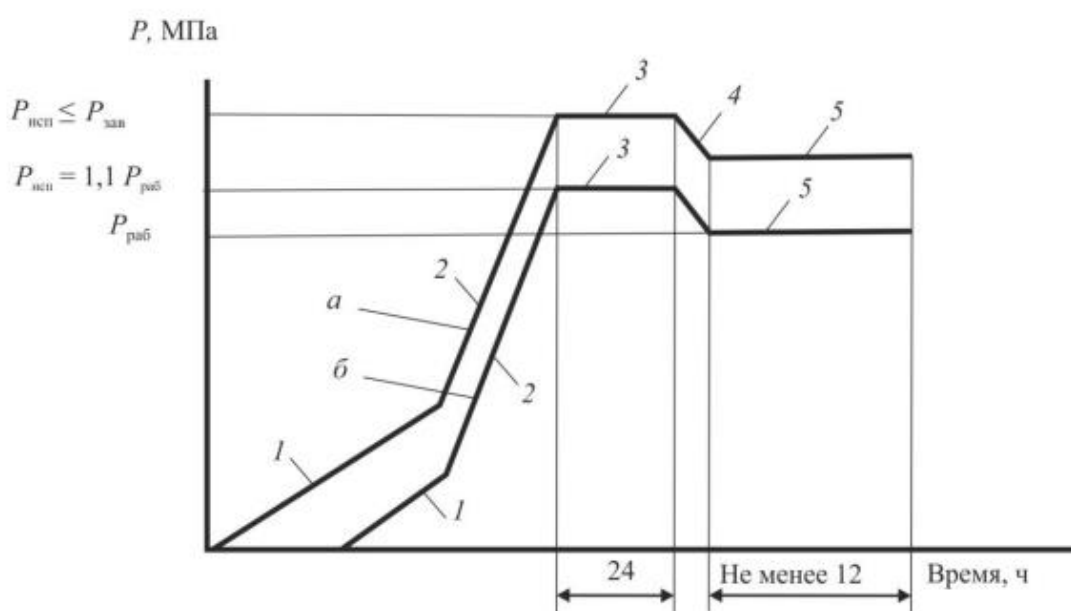


Рисунок 2 – График изменения давления в газопроводе при гидравлических испытаниях [7]

Гидравлические испытания на прочность магистральных газопроводов при отрицательных температурах как наружного воздуха, так и грунта на глубине заложения газопровода сопряжены со значительными трудностями, обусловленными возможностью замерзания испытательной среды. Эта проблема частично решается за счёт применения в качестве испытательной среды метанольных, гликолевых или солевых растворов на водной основе, подогрева испытательной среды с её последующей прокачкой, оптимизации продолжительности испытания. Однако перечисленные меры неприменимы

на протяжённых участках газопроводов, либо являются чрезмерно затратными или экологически опасными. Кроме того, даже в случае успешного выполнения испытаний участка газопровода гидравлическим способом водой в условиях отрицательных температур газопровода, после удаления из него воды на стенках труб неизбежно образуется трудноудаляемая ледяная корка.

Величина пробного давления на прочность должна составлять не менее:

$$1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$$

Где P – расчетное или разрешенное давление трубопровода, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для материала трубопровода при 20 °С;

$[\sigma]_t$ – допускаемое напряжение для материала трубопровода при максимальной положительной расчетной температуре.

Во всех случаях величина пробного давления должна приниматься такой, чтобы эквивалентное напряжение в стенке трубопровода при пробном давлении не превышало 90 % предела текучести материала при температуре испытания. Время выдержки трубопровода под пробным давлением при гидравлическом испытании – не менее 15 мин. Величину пробного давления на прочность для вакуумных трубопроводов и трубопроводов без избыточного давления для токсичных и взрывопожароопасных сред следует принимать равной 0,2 МПа.

После окончания гидравлического испытания все воздушники на трубопроводе должны быть открыты и трубопровод должен быть полностью освобожден от воды через соответствующие дренажи.

Трубопровод считается выдержавшим испытание на прочность и проверку на герметичность, если за время испытания трубопровода на прочность давление остается неизменным, а при проверке на герметичность не будут обнаружены утечки.

Пневматические испытания

В настоящее время испытания пневматическим способом применяют для уложенных и засыпанных подземных и наземных газопроводов.

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Замена гидравлического испытания на пневматическое допускается при условии контроля испытания методом акустической эмиссии в следующих случаях:

- а) если несущая строительная конструкция или опоры не рассчитаны на заполнение трубопровода водой;
- б) при температуре окружающего воздуха ниже 0 °С и опасности промерзания отдельных участков трубопровода;
- в) если применение жидкости (воды) недопустимо

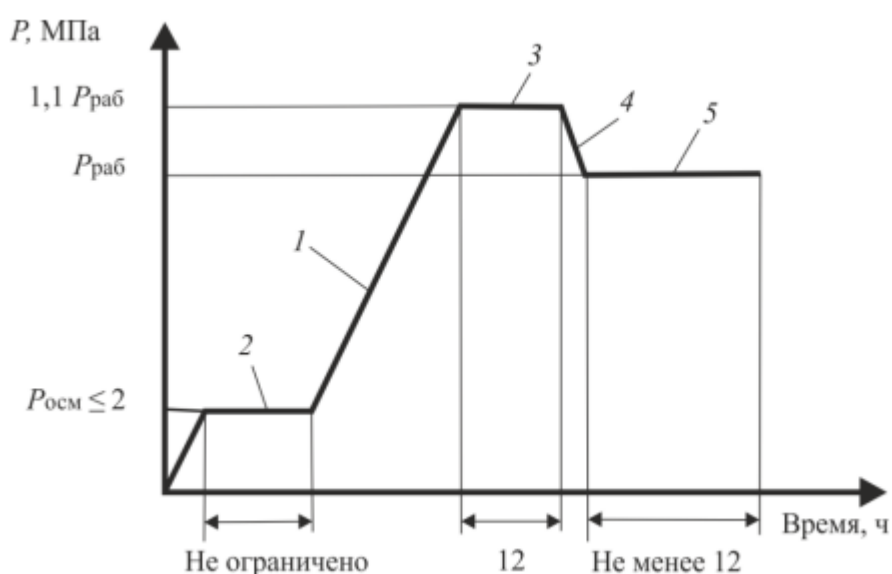


Рисунок 3 – График изменения давления в трубопроводе при пневматических испытаниях [7]

Пневматические испытания на прочность надземных и незасыпанных участков газопроводов не допускаются. Это объясняется значительным количеством потенциальной энергии сжатого воздуха, находящегося в газопроводе при его испытаниях, что в случае разрыва газопровода приводит к гораздо большим разрушениям по сравнению с испытаниями гидравлическим способом. Протяжённость газопроводов, испытываемых пневматическим способом, практически не ограничена и зависит от готовности построенного участка к проведению испытаний.

Пневматическое испытание должно проводиться по инструкции, утвержденной главным инженером предприятия, предусматривающей необходимые меры безопасности.

На время проведения пневматических испытаний на прочность как внутри помещений, так и снаружи должна устанавливаться охраняемая (охранная) зона. Минимальное расстояние зоны должно составлять не менее 25 м при надземной прокладке трубопровода и не менее 10 м при подземной. Границы охранной зоны должны отмечаться флажками. Во время подъема давления в трубопроводе и при достижении в нем испытательного давления на прочность пребывание людей в охранной зоне запрещается [7].

Окончательный осмотр трубопровода разрешается лишь после того, как испытательное давление будет снижено до рабочего. Осмотр должен производиться специально выделенными для этой цели и проинструктированными лицами. Находиться в охранной зоне кому-либо, кроме этих лиц, запрещается. Компрессор и манометры, используемые при проведении пневматического испытания трубопроводов, должны располагаться вне охранной зоны. Места утечки определяются по звуку просачивающегося воздуха, а также по пузырям при покрытии сварных швов и фланцевых соединений мыльной эмульсией и другими методами.

Для наблюдения за охранной зоной устанавливаются специальные посты. Число постов для наружных трубопроводов определяется из расчета один пост на 200 м длины трубопровода. В остальных случаях число постов определяется исходя из местных условий, с тем чтобы охрана зоны была надежно обеспечена.

Комбинированные испытания

При комбинированном испытании давление внутри трубопровода создают двумя средами - природным газом (воздухом) и жидкостью (водой или антифризами). Испытываемый участок заполняют природным газом от скважины (действующего газопровода) или сжатым воздухом от компрессорных установок до создания в нём давления, равного давлению в

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

действующем газопроводе или максимальному давлению нагнетания компрессора.

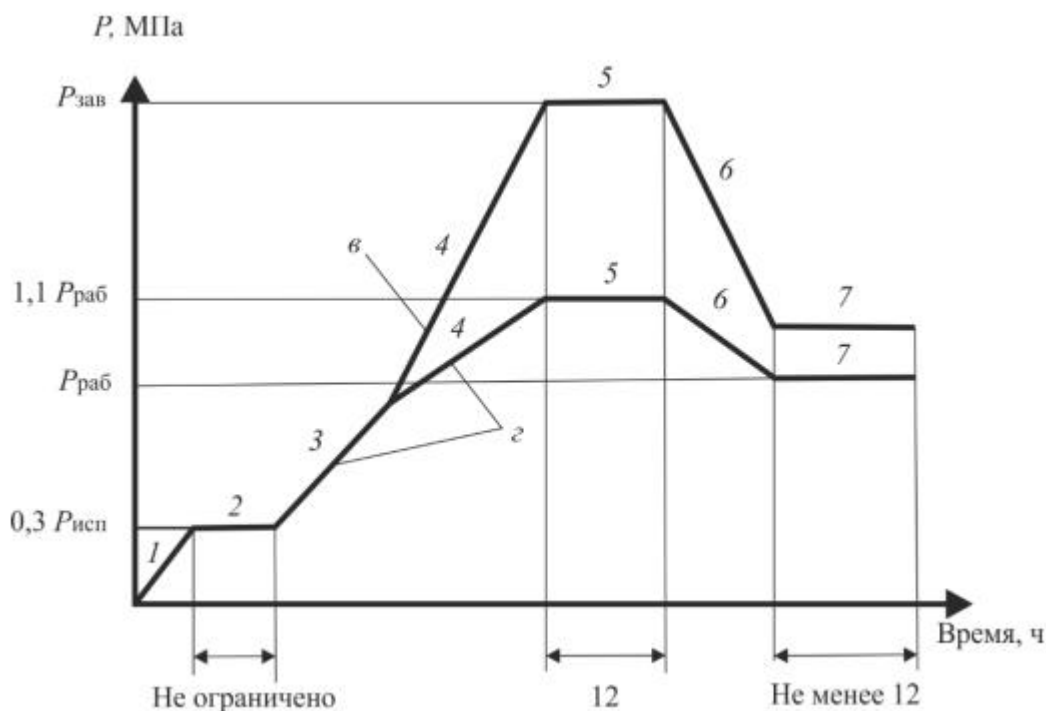


Рисунок 4 – График изменения давления в трубопроводе при комбинированных испытаниях [7]

После заполнения участка газом или воздухом подъем давления в нём до испытательного производят опрессовочными агрегатами, закачивая в трубопровод жидкость. Давление при комбинированном испытании на прочность должно быть равно в верхней точке 1.1 максимального рабочего давления трубопровода, а в нижней точке - не превышать заводского испытательного давления труб. Продолжительность выдержки участка под этим давлением - 12 часов. В основном, комбинированному испытанию подвергают газопроводы, прокладываемые в горных условиях вблизи действующих газопроводов.

2.3 Осушка полости трубопровода

В настоящее время на долю природного газа в структуре мирового энергобаланса приходится более 27%. Обеспечение надежности и качества сооружаемых и восстанавливаемых после ремонта объектов газоснабжения – актуальная задача топливно-энергетического комплекса. Методики

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

проведения испытаний и подготовка объектов к эксплуатации напрямую влияет на качество транспортируемого газа и безопасность системы в целом.

Одним из ключевых этапов испытаний перед вводом участка газопровода в эксплуатацию являются гидравлические испытания, позволяющие провести проверку прочности и герметичности испытываемых узлов. После таких испытаний необходимо провести качественную очистку и осушку системы, так как основным из ключевых показателей качества транспортируемого газа является его влагосодержание. Необходимо обеспечивать такое значение влагосодержания, при котором исключается образование водной фазы, чаще всего в виде газовых гидратов [8].

Результаты удаления воды из трубопровода следует считать удовлетворительными, если впереди контрольного поршня-разделителя нет воды, и он вышел из трубопровода неразрушенным. В противном случае пропуски контрольных поршней-разделителей по трубопроводу необходимо повторить.

Осушка полости участка газопровода должна производиться сухим воздухом, подаваемым в газопровод генераторами сухого сжатого воздуха или пропуском пробок с влагопоглощающими веществами.

Осушка считается законченной, когда содержание влаги в выходящем из газопровода воздухе (газе), будет не выше содержания влаги в транспортируемом природном газе.

					Способы проведения испытаний магистральных газопроводов на прочность и герметичность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа 2БМ12		ФИО Панфилова Виктория Дмитриевна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

Тема: «Организация и контроль проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: магистральный газопровод «Сила Сибири» на участке 30 - 55 км
Область применения: транспортировка газа и газового конденсата
Рабочая зона: открытый воздух, полевые условия

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2011 №197-ФЗ (ред. от 09.03.2021);
2. СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы;
3. ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 528 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасного ведения газоопасных, огневых и ремонтных работ;
4. РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»

2. Производственная безопасность при эксплуатации:

- Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов
- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

Производственные факторы:

- Превышение уровня шума;
- Превышение уровня вибрации;
- Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей среды;
- Укусы животных и насекомых;
- Недостаточная освещенность рабочей зоны;
- Тяжесть и напряженность физического труда;
- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;
- Электрическая дуга и металлические искры при сварке;
- Электрический ток;
- Взрыво- и пожароопасность.

Используемые средства индивидуальной и коллективной защиты:

- специальная одежда из антистатических материалов;
- специальная обувь, исключающая искрообразование;
- каска с подбородочным ремнем;
- перчатки х/б, рукавицы;

	<ul style="list-style-type: none"> – очки защитные; – наушники противoshумные; – устройства контроля и сигнализации. <p><u>Расчет:</u> В работе произведен расчет выбросов природного газа при нарушении целостности трубопровода и при проведении ремонтных работ.</p>
3. Экологическая безопасность <u>при эксплуатации</u>	<p>Воздействие на селитебную зону: объект исследования удален от селитебной зоны</p> <p>Воздействие на литосферу: потери растительного слоя при прокладке временных дорог, повреждение почвенно – растительного покрова изъятием земель</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение сточных вод</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс природного газа</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях <u>при эксплуатации</u>	<p>Возможные ЧС: выброс природного газа в атмосферу, взрыв природного газа, наводнения, лесные пожары, оползни</p> <p>Наиболее типичная ЧС: лесные пожары, выбросы природного газа</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ООД	Сечин Андрей Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна		

6 Социальная ответственность

Введение

Завершающие этапы технологического процесса по строительству газопровода - это проведение испытаний на прочность и герметичность. Данный комплекс работ является важным этапом в жизненном цикле магистральных газопроводов.

В данном разделе рассматриваются опасные и вредные факторы работников, которые могут возникнуть при производстве работ по очистке, проведению испытаний на прочность и проверке на герметичность и осушке полости магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке 30 - 55 км, а также мероприятия по устранению этих факторов. Район производства работ расположен в юго-западной части Республики Саха (Якутия). Глинистые грунты и болота-торфяники, климат резко континентальный, отличающийся температурными перепадами.

В ходе проведения испытаний магистральных газопроводов необходимо руководствоваться соответствующими нормативными документами. При процессе очистки и сушки трубопроводов необходимо уделять особое внимание вопросам, связанным с охраной труда и экологической безопасностью.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работать на производстве могут только те, кто достиг 18 - летнего возраста, прошел обучение и проверку знаний, а также имеет квалификацию, соответствующую установленным нормам охраны труда. Кроме того, такие работники должны быть обучены процедурам ликвидации аварий и применению средств индивидуальной защиты. Они должны иметь необходимые навыки и группу по электробезопасности, а также медицинское

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах			
					Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
							70	121
						Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

разрешение на выполнение задач, связанных с данной работой [18].

Данная работа организуется по вахтовому методу. Вахтовой метод представляет собой специальную форму организации труда за пределами места постоянного проживания работников, когда невозможно обеспечить ежедневное их возвращение на место жительства. Вахтовой метод используется в случаях, когда место работы значительно удалено от места постоянного проживания работников или места нахождения работодателя, для сокращения сроков строительства, ремонта или реконструкции объектов производственного, социального или иного назначения в отдаленных или необжитых районах с особыми природными условиями, а также для выполнения других производственных задач. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. В исключительных случаях на отдельных объектах продолжительность вахты может быть увеличена работодателем до трех месяцев [19].

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливаются на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия.

Законодательно предусмотрено, что люди, работающие в опасных условиях, могут получать такие гарантии и компенсации:

- уменьшение количества рабочих часов (36 часов в неделю и меньше),
- оплачиваемый отпуск, являющийся дополнительным и предоставляемым каждый год (не меньше 7 календарных дней),
- происходит рост оплаты труда (не меньше 4% от оклада),
- льготы для пенсионного обеспечения, – бесплатное лечение и оздоровление,
- выдача расходных материалов – спецодежды, обеззараживающих средств.

Все компенсации выплачиваются из страховых взносов работодателей по тарифам, установленными страховыми организациями. В ряде регионов

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

установлен специальный тариф за неблагоприятные природные условия [20].

Персоналу разрешено работать только в специальной защитной одежде и обязательно после прохождения инструктажа по безопасности перед началом работы. Рабочий процесс должен быть организован таким образом, чтобы исключить выделение газов и других вредных веществ в рабочей зоне.

Все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается загромождение рабочих мест, проходов, доступа к противопожарному оборудованию.

6.2 Производственная безопасность

Для целостного представления об источниках вредностей и опасностей и всех основных выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, ниже представлена таблица 4 «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при проведении испытаний на прочность и герметичность на магистральном газопроводе».

Таблица 4 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при проведении испытаний на прочность и герметичность на магистральном газопроводе

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	разработка	изготовление	эксплуатация	
<i>Опасные факторы</i>				
Движущиеся машины и механизмы оборудования на производстве		+	+	ГОСТ 12.1.003 -74*ССБТ
Электрическая дуга и металлические искры при сварке	+	+		ГОСТ 12.3.003-86
Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

Взрыво – и пожароопасность.		+	+	
<i>Вредные факторы</i>				
Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ СП 51.13330.2011
Превышение уровня вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-90 СБТ
Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны			+	ГОСТ 12.1.007- 76 ССБТ ГОСТ IEC 60079-29-2- 2013
Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	ГОСТ 12.1.046-85
Тяжесть и напряженность физического труда	+	+	+	Р 2.2.2006-05
Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися		+	+	ГОСТ 12.1.008-78 ССБТ ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ

К работе допускаются лица, имеющие соответствующее специальное образование, прошедшие медицинский осмотр, инструктаж по охране труда, а также проверку знаний [21].

Специалисты, являющиеся непосредственными руководителями работ или исполнителями работ, должны проводить проверку знаний правил безопасности. Перед началом работ результаты проверки должны быть занесены в «Журнал инструктажа на рабочем месте».

6.2.1 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Рассмотрим опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при проведении испытаний магистрального газопровода, а также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов.

1. *Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные).* Все движущиеся машины и механизмы на производстве нефтегазовой промышленности, могут стать

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

причиной различного рода телесных повреждений работника отрасли. Так как машины, оборудования представляют собой достаточно небезопасные устройства, в которых участвуют различные подвижные элементы, можно предположить, что повреждения, которые влекут за собой, могут быть достаточно серьезными для человека. При автоматизированном производстве, т.е. без участия человека, возникает риск неожиданных движений оборудования без ведома работника.

Ситуации, связанные с такими несчастными случаями, влекут за собой летальные исходы(смерть), серьезные телесные повреждения (переломы, ушибы), а также материальные убытки (поломка устройства, механизмов, приборов).

Меры по предупреждению таких ситуаций выполняются в виде:

- установок ограждений на периметре работающих установок, оборудования;
- использование работниками средств индивидуальной защиты;
- использование оборудования, находящихся в списке реестра используемых устройств организации.

Данный вид опасных факторов регламентируется и контролируется [22].

2. *Электрическая дуга и металлические искры при сварке.*

Допускаются к сварочным работам на газопроводе и газоопасном оборудовании сварщики, прошедшие курсовое обучение, проверку знаний (аттестацию) в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков» и получившие удостоверение на право производства сварочных работ для способа и положения сварки, а также типа свариваемого металла, аналогичных предстоящим условиям сварки [23].

Для подвода тока к электро-держателю должны применять гибкие изолированные провода, защищенные от повреждений. Запрещается применять провода с нарушенной изоляцией. Сварочный аппарат и вспомогательные устройства должны располагать не ближе 20 м от места

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

огневой работы. После окончания работы или перерыва в ней электросварочный аппарат должен быть выключен.

3. **Электрический ток.** Источником поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода.

Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать следующих значений:

- переменный (50 Гц) – U не более 2,0 В, I не более 0,3 мА;
- переменный (400 Гц) – U не более 3,0 В, I не более 0,4 мА;
- постоянный – U не более 8,0 В, I не более 1,0 мА.

Чтобы предупредить возможность случайного проникновения и тем более прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением, используются защитные сетчатые и смешанные ограждения (переносные временные ограждения и плакаты). Ограждению подлежат неизолированные токоведущие части выключателей, подающих напряжение на установки.

Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять [24] и быть не более 50 мА

Для защиты от поражения электрическим током необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и галоши (дежурные), резиновые коврики, изолирующие подставки.

4. **Пожаро- и взрывоопасность.** Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Предельно – допустимая концентрация паров нефти и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м³, при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДВК), для паров нефти 2100 мг/ м³. К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода и т. п. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе.

6.2.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. **Превышение уровня шума.** Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума при проведении ремонтных работ на магистральном нефтепроводе могут стать установки для дробеструйной обработки полумуфт, а также машины для проведения земляных.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно [25] эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

- совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;
- использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи, кабины); средств звукопоглощения.

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В качестве СИЗ предусмотрены заглушки - вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.), заглушающая способность которых составляет 6-8 дБА. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

2. **Превышение уровней вибрации.** Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

- применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;
- организационно-техническими мероприятиями (поддержание в условиях эксплуатации технического состояния машин и механизмов на уровне; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации).

3. **Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.** В процессе своей трудовой деятельности электросварщик подвергается воздействию сварочного аэрозоля [26].

Сварочный аэрозоль – совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, шлака и покрытия электродов.

Работы по перекачке газа относятся к газоопасным работам. К газоопасным относятся работы, которые выполняются в местах с загазованной

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

атмосферой или при выполнении этих работ возможно выделение газа и образование среды, способной вызвать отравление или привести к взрыву.

Количество газа, выбрасываемого в атмосферу при выводе газопровода в ремонт $V_{\text{рем}}$, м³, определяется по формуле:

$$V_{\text{рем}} = 0,00714 \cdot V_{\text{п}} \cdot \frac{P_{\text{атм}} + P_{\text{г}}}{273 + t_{\text{г}}}, \quad (50)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем полости газопроводов, м³;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, Па;

$P_{\text{г}}$ – давление газа в газопроводе при продувке (избыточное), Па;

$t_{\text{г}}$ – температура газа, °С.

$$V_{\text{рем}} = 0,00714 \cdot 59279 \cdot \frac{101325 + 1000000}{298} = 1564221 \text{ м}^3 \quad (51)$$

Объем выброса при проведении плановых работ был найден по формуле:

$$V_{\text{грп.об}} = 9,24 \cdot d^2 \cdot t \cdot \frac{P_{\text{атм}} + P_{\text{г}}}{T_{\text{г}}} \sqrt{\frac{P_{\text{г}}}{\rho_{\text{ф}}}}, \quad (52)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, через который производится продувка, м;

t – время регулировки и настройки, ч;

$\rho_{\text{ф}}$ – фактическая плотность газа, кг/м³

$P_{\text{г}}$ – давление газа, Па

$$V_{\text{грп.об}} = 9,24 \cdot 0,150^2 \cdot 0,33 \cdot \frac{(101325 + 1000000)}{298} \sqrt{\frac{1000000}{0,83}} = 278309,9 \text{ м}^3$$

где $\rho_{\text{ф}}$ фактическую плотность газа находим по формуле:

$$\rho_{\text{ф}} = \rho \cdot \frac{T_1 \cdot P_{\text{а}}}{T_{\text{г}} \cdot P_{\text{атм}} \cdot Z'} \quad (53)$$

где ρ – абсолютная плотность газа, кг/м³, принимается по данным из паспорта качества газа;

$P_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, Па;

					Социальная ответственность	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

T_1 – температура приведения, МПа;
 P_a – абсолютное давление газа, МПа;
 T_r – температура газа, К;
 Z – коэффициент сжимаемости.

$$\rho_{\phi} = 0,7383 \cdot \frac{273 \cdot (1 + 0,101)}{298 \cdot 0,101 \cdot 0,9822} = 0,83 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Общий объем выбросов природного газа при проведении ремонтных работ:

$$V_{\text{рем.общ}} = V_{\text{рем.труб}} + V_{\text{грп об}} = 1564221 + 278309,9 = 1842531 \text{ м}^3. \quad (54)$$

В ходе работы выполнен расчет объема потерь природного газа, вследствие проведения обслуживания и ремонтных работ на линейной части участка магистрального газопровода, который составил 1842531 м³.

4. **Недостаточная освещенность рабочей зоны.** Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог, освещенность которых должна быть не менее указанной в таблице 1 [27]. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов.

5. **Тяжесть и напряженность физического труда.** В связи с большой протяженностью и удаленностью газопровода от населенных пунктов, работникам длительное время приходится проводить в командировках, что сопровождается тяжелым и напряженным физическим трудом.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть восьмичасовой рабочий день с обеденным перерывом (13:00 – 14:00) и периодическими кратковременными перерывами, а также должна быть увеличена заработная плата и продолжительность отпуска.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. **Укусы животных и насекомых.** Район работ приурочен к лесным и болотным ландшафтам, в связи с чем, существует опасность укусов кровососущими насекомыми и клещами. Обязательным требованием для допуска к работе является вакцинация против клещевого энцефалита. Укусы кровососущих насекомых могут вызвать зуд и покраснения кожи в месте укуса, а также вызвать реакцию сенсibilизации и общую интоксикацию организма вследствие химического воздействия на организм в виде токсичного вещества [28].

Для защиты от укусов кровососущих насекомых и клещей используется:

- средство для обработки одежды (защитный аэрозоль);
- средство для нанесения на кожу (спрей);
- костюм для защиты от вредных биологических факторов с сеткой иммуноглобулина.

6.3 Экологическая безопасность

При выполнении всех строительно-монтажных работ необходимо строго соблюдать требования защиты окружающей природной среды, сохранения ее устойчивого экологического равновесия, и не нарушать условия землепользования, установленные законодательством об охране природы.

Таблица 5 – Источники негативного воздействия и природоохранные мероприятия

Рассматриваемая территория	Загрязняющее вещество	Методы и способы защиты	Нормы ПДК
Атмосфера	– работа строительных механизмов и автотранспорта; – сварочные работы; – опорожнение трубопровода перед врезкой путем стравливания газа в свечу; – выемочно-погрузочные работы;	– применение герметичных и закрывающихся емкостей для хранения ГСМ; – использовать только исправную технику, прошедшую контроль токсичности отработанных газов; – осмотр и регулировка топливной аппаратуры дизельной техники для снижения расхода дизтоплива; – запрещение ремонтных работ, связанных с	ПДК диоксида азота – 0,04 мг/м ³ ПДК пыли – 0,15 мг/м ³ ПДК бензина – 1,5 мг/м ³ ПДК диоксида серы – 0,04 мг/м ³

Социальная ответственность					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	80

	– земляные работы и работа с сыпучими материалами [29]	повышенным выделением вредных веществ в атмосферу; – проведение работ с возможным минимальным использованием технических средств [30]	ПДК оксида углерода – 3 мг/м ³ ПДК аммиака – 0,04 мг/м ³ [30]
В период нормального режима эксплуатации магистральные газопроводы не оказывают отрицательного воздействия на атмосферный воздух.			
Гидросфера	– земляные работы вблизи и на участках с высоким стоянием грунтовых вод; – работы в русле и на пойме реки при демонтаже и монтаже трубопровода; – слив воды на водосборную площадь после использования для производственных целей; – забор воды для проведения гидроиспытаний; размещение строительных и бытовых отходов [31]	– использование емкостей для сбора отработанных ГСМ, хозяйственных и производственных отходов; – оборудование передвижных емкостей приспособлениями, исключающими разлив ГСМ при их транспортировке и заправке техники; – строгое соблюдение правил работы в водоохранной зоне; – озеленение водоохраных зон; ликвидация отходов производства и хозяйственных отходов на местах работы строительной бригады [33]	ПДК фенола – 0,001 мг/л (при хлорировании) ПДК железа – 0,3 мг/л ПДК алюминия – 0,5 мг/л ПДК мышьяка – 0,05 мг/л ПДК нитрит – 3,3 мг/л [32]
В период эксплуатации система трубопроводного транспорта газа герметична и не оказывает негативное воздействие на поверхностные и подземные воды.			
Литосфера	– расчистка полосы отвода от лесорастительности; – передвижение строительной техники; – земляные работы при разработке траншеи; – устройство временных отвалов грунта; – устройство проездов; – устройство амбара для слива воды после гидроиспытаний [31]	– первоочередное строительство внутриплощадочных проездов; – проезд строительной техники только в пределах зоны производства работ; – своевременная уборка мусора и отходов для исключения загрязнения территории отходами производства; – запрещение использования неисправных, пожароопасных транспортных и строительномонтажных средств; – для исключения разлива, ГСМ заправка техники осуществляется на временной площадке с твердым покрытием и обваловкой;	ПДК удобрения контролируется по содержанию нитратов в почве, которое не должно превышать 76,8 мг/кг абсолютно сухой почвы [34]

		– рекультивация нарушенных земель [31]	
<p>Потери растительного слоя при прокладке временных дорог должны быть минимальными, не рекомендуется вырубать низкие кустарники вдоль полосы отвода. Они сохраняют устойчивость почвы и служат в качестве осадочного фильтра вдоль водоемов.</p>			

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Главная задача при чрезвычайных ситуациях – защита населения от возможных средств поражения.

Магистральный газопровод является опасным производственным объектом, т.к. по нему транспортируется опасное вещество – газ природный в количестве больше, чем пороговые.

Изучив [32] и [33], можно сделать вывод о том, что чрезвычайные ситуации на газопроводном транспорте могут возникнуть по различным причинам, например,

- лесные пожары;
- взрыв на рабочем месте;
- по причинам техногенного характера (аварии);
- ЧС природного характера в виде возникновения оползня.

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера являются пожары и взрывы.

До начала работ должны быть разработаны мероприятия по пожарной безопасности, которые вносятся в план производства работ [20]. Мероприятия по предотвращению пожара:

- Работы должны производиться с соблюдением правил пожарной безопасности;
- Персонал должен пройти внеочередной инструктаж по пожарной безопасности;
- Проведение периодического контроля состояния воздушной среды в рабочей зоне;
- Работники должны быть одеты в спецодежду, не накапливающую статическое электричество и иметь средства индивидуальной защиты;

						Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			82

- Электрооборудование должно находиться в исправном состоянии и быть заземлено;
- Рабочее место должно быть оснащено первичными средствами пожаротушения;
- Установки пожаротушения эксплуатируют в режиме автоматического пуска.

С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением взрывов или пожаров необходимо применить следующие меры безопасности [34]:

- перед началом работ в ремонтном котловане переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной среды, при этом содержание газов не должно превышать предельно – допустимой концентрации по санитарным нормам;
- работа разрешается только после устранения опасных условий, в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;
- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами.

Выводы по разделу

В ходе выполнения данного раздела мною была проведена оценка правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, а также производственной и экологической безопасности при проведении испытаний магистрального газопровода на прочность и герметичность. Были выделены вредные и опасные производственные факторы и обоснованы мероприятия по их устранению.

Проанализировав влияния объекта исследования, а, то есть линейной части магистрального газопровода на окружающую среду, можно сказать, что основной территорией, которая больше всего подвержена загрязнению,

является атмосфера. В свою очередь, мною были рассмотрены мероприятия по защите окружающей среды.

Изучив нормативную документацию, выявила, что главной из возможных ЧС являются пожары. Для обеспечения пожаробезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделения нефтегазового дела
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность и безопасность объектов транспорта и хранения углеводородов»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оценка стоимости материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов на проведение мероприятия по дооборудованию байпасной линии кранового узла участка магистрального газопровода «Сила Сибири»
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	– СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы – СП 284.1325800.2016 – СТО Газпром 2-2.3-231-2008
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Налоговый кодекс Российской Федерации (1 часть) ФЗ №146 от 31.07.1998 в ред. от 28.03.2023 Налоговый кодекс Российской Федерации (2 часть) ФЗ №117 от 05.08.2000 в ред от 28.04.2023

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Обоснование перспективности дооборудования кранового узла участка магистрального газопровода «Сила Сибири»
<i>2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Расчет доходов и затрат при проведении дооборудования кранового узла
<i>3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Оценка экономической эффективности мероприятия по дооборудованию кранового узла участка магистрального газопровода «Сила Сибири»

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шарф И.В.	д.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна		

Заключение

В процессе написания выпускной квалификационной работы были выполнены следующие действия:

- Была изучена нормативно-техническая документация, действующая в области проектирования, эксплуатации и обслуживания магистральных газопроводов.

- Проведен анализ различных методов испытания магистральных газопроводов на прочность и герметичность. Был выбран наиболее подходящий метод - пневматическое испытание, с учетом района проведения работ.

- Была проведена оценка экономической потери из-за задержки ввода оборудования в эксплуатацию. Ежедневная производительность газопровода составила 62,13 млн. м³/сут.

- Были предложены рекомендации по повышению эффективности проведения испытания магистрального газопровода на прочность и герметичность и сокращению времени заключительного этапа испытаний, включая использование адсорбционных осушителей в процессе пневмоиспытаний.

- Был произведен расчет технологических параметров осушки газопровода с применением осушителя во время испытаний. Результаты показали, что количество влаги составляет 14 408 кг, а время, затраченное на проведение мероприятия, составило 9 суток, что в 2 раза меньше, чем без применения осушителя, что свидетельствует о эффективности внедрения данного оборудования.

					Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Панфилова В.Д.				Заключение		
Руковод.	Брусник О.В.						
Рук-ль ООП	Шадрина А.В.						
					Лит.	Лист	Листов
						97	
					Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

Список использованной литературы

1. Проект организации строительства Часть 5.1. Объекты линейной части 4570П2.00. П.03.ПОС11. ПЗ(4) Том5.1.1 изм.4
2. ГОСТ 12.3.033-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительные машины. Общие требования безопасности при эксплуатации: дата введения 1985-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/9054708> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный
3. СП 25.13330.2012 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах: дата введения 2013-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095519> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный
4. СН 013-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов в условиях вечной мерзлоты: дата введения 1989-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000293> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный
5. СТО Газпром 2-3.5-454-2010. Правила эксплуатации магистральных газопроводов: дата введения 24 мая 2010. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/53/53416/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный
6. СТО Газпром 2-2.3-231-2008. Правила производства работ при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов ОАО "Газпром": дата введения 22 сентября 2008. URL: <https://elima.ru/docs/?id=7879> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

					Организация и контроль проведения магистрального газопровода на прочность и герметичность при прокладке в многолетнемерзлых грунтах			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Панфилова В.Д.</i>				Список использованной литературы	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Брусник О.В.</i>						98	121
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Шадрина А.В.</i>					Отделение нефтегазового дела Группа 2БМ12		

7. СП 411.1325800.2018. Трубопроводы магистральные и промышленные для нефти и газа. Испытания перед сдачей построенных объектов: дата введения 2019-03-05. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554403225> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

8. СТО Газпром 2-35.1048-2016. Осушка полости магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях: дата введения 2016-06-25. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01009654644> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

9. СТО Газпром 2-3.5-354-2009. Порядок проведения испытаний магистральных газопроводов в различных природно-климатических условиях: дата введения 2010-02-26. URL: <https://elima.ru/docs/?id=6252> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

10. ГОСТ Р ИСО 7183-2019. Осушители сжатого воздуха. Технические условия и методы испытаний: дата введения 2018-12-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157244> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

11. СП 36.13330.2012. Магистральные трубопроводы: дата введения 2013-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103173> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

12. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции: дата введения 2017-08-28. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456069588> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

13. СП 366.1325800.2017. Промышленные трубопроводы: дата введения 2018-06-19. URL: <https://docs.cntd.ru/document/550965735> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

14. СТО Газпром 2-3.5-051.2006. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов: дата введения 30 декабря 2005 г. URL: <https://elima.ru/docs/?id=6196> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

					Список использованной литературы	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

15. ГОСТ 12.0.004-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения: дата введения 1 марта 2017 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_205144/ (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

16. ГОСТ ИСО 8573-3-2006 Сжатый воздух. Часть 3. Методы контроля влажности: дата введения 2007-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200048933> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

17. ГОСТ 14254 – 2015. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP): дата введения 2017-03-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136066/> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

18. Газотранспортные системы: настоящее и будущее. Тезисы докладов VI Международной научно-технической конференции GTS-2015 (28–29 октября 2015 г.). – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2015. – 174 с. 2. Гостева А.В., Глебова Е.В., Черноплеков А.Н. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций на магистральных газопроводах на основе результатов анализа риска // Нефть, газ и бизнес. – 2009. – № 9. – С. 68–70

19. Трудовой кодекс Российской Федерации, Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом: дата введения 21 декабря 2001. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

20. Аристов М. Воздействие геологических и других природных процессов на магистральные газопроводы. Результаты исследований с применением мультиспектральных аэрокосмических съемок // Электронный научный журнал «Геопрофиль». – 2008, ноябрь–декабрь. – №3.–С.44–50. URL: <http://internetgeo.ru/uploads/journals/geoprofile0308/pipeline.pdf>

21. СТО Газпром РД 39-1.10-088-2004. Регламент электрометрической диагностики линейной части магистральных

					Список использованной литературы	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

газопроводов: дата введения 20 апреля 2020 г. URL: https://www.centrattek.ru/normativnye_dokumenty/sto-gazprom-rd/sto-gazprom-rd-39-1-10-088-2004-reglament-lineinoi/ (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

22. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017 – 03 – 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

23. ГОСТ 12.1.038-82*. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов: дата введения 1983-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 14.05.2023). – Текст: электронный

24. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015 – 11 -01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

25. М.В. Николаева, Р.А. Атласов, М.Д. Филиппова. Анализ причин аварийных ситуаций газопроводов, проложенных в многолетнемерзлых грунтах// Вестник СВФУ. Серия «Науки о Земле». – 2017 - №4(08). – С. 47 – 53.

26. ГОСТ 12.1.046-85 Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок. дата введения 1986-01-01. URL: <https://www.dokipedia.ru/document/1723450> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

27. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний. Дата введения 2014-12-01. URL: <https://www.dokipedia.ru/document/5273002?pid=64>. Дата обращения: 14.05.2023. – Текст: электронный

					Список использованной литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

28. СТО Газпром 2-2.3-116-2007 Инструкция по технологии производства работ на газопроводах врезкой под давлением. Дата введения - 2007-12-14/ URL: <https://gosthelp.ru/text/STOGazprom2231162007Instr.html> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

29. Строкова Л.А., Ермолаева А.В. Природные особенности строительства магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке Чаяндинское нефтегазоконденсатное месторождение – Ленск/ Строкова Л.А., Ермолаева А.В. // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – № 4. – С. 41-55.

30. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 28 января 2021 г. N 2. URL <https://edu.admin-smolensk.ru/files/806/san-pin-1-2-3685-21.pdf> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

31. СП 86.13330.2022 Магистральные трубопроводы Актуализированный СНиП III-42-80* Магистральные трубопроводы (СП 86.13330.2012). дата введения 1 июня 2014 г URL: <https://www.dokipedia.ru/document/5343403> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

32. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. дата введения «04» марта 1998, № 9. URL <https://gosthelp.ru/text/GN21568998Predelnodopusti.html> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

33. ПРИКАЗ от 16 декабря 2020 года N 915н Об утверждении Правил по охране труда при хранении, транспортировании и реализации нефтепродуктов. URL <https://docs.cntd.ru/document/573275587> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

34. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Дата введения 1 апреля 2006 г. URL

					Список использованной литературы	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

<https://gosthelp.ru/text/GN217204106Predelnodopust.html> (дата обращения: 15.05.2023). – Текст: электронный

35. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 "Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов: дата введения 2007-09-25. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный.

36. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: дата введения 2017-06-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136692> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

37. СТО ГАЗПРОМ 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»: дата введения 30 марта 2009. URL: <https://mooml.com/d/dokumenty-sistemy-normativnykh-dokumentov-v-stroitelstve/3-normativnye-dokumenty-po-gradostroitelstvu-zdaniyam-i-sooruzheniyam/k-34-magistralnye-i-promyslovye-truboprovody/32750/> (дата обращения: 16.05.2023). – Текст: электронный

					Список использованной литературы	Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение II

(справочное)

Pipeline drying methods

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ12	Панфилова Виктория Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Айкина Татьяна Юрьевна	к.ф.н.		

Furthermore, the article delves into the factors influencing optimization and batch size, and presents mathematical equations that aid in determining the optimal volume and concentration of the methanol plug for effective pipeline drainage. Notably, the analysis concludes that the minimum sludge concentration within the pipeline should have a freezing point below the ambient temperature, while the final concentration must be sufficiently high to effectively inhibit hydration.

Subsequently, the authors review the study conducted by Batard and Sekondari [3], who employed the dry air method for pipeline drainage. The procedure involves passing a specific quantity of pre-dehydrated air through the pipeline until the concentration of water vapor in the discharged air reaches the designated minimum threshold. To simulate the drying process, mathematical techniques are employed, utilizing partial differential equations and numerical solutions incorporating appropriate boundary conditions to achieve a balance of energy and mass. Furthermore, a computer program called Essiac has been developed to optimize key parameters. The results obtained through the utilization of the Essiac program have demonstrated competitiveness when compared to methanol washing and vacuum drying processes. Notably, this approach offers several advantages, including the absence of costly equipment and the need for highly skilled labor, while still delivering a remarkably high level of effectiveness in the drying process.

Hence, the authors arrive at the conclusion that numerous approaches have been explored to eliminate any remaining moisture within pipelines. These methods encompass the utilization of nitrogen, methanol, natural gas, and vacuum techniques. However, many of these methods have proven to be suboptimal in terms of economic viability, technical feasibility, and safety considerations. In contrast, the dry air method is deemed both cost-effective and environmentally friendly. By drying atmospheric air to a significantly low dew point, a reduced vapor pressure of dry air is ensured upon its introduction to the pipeline. This low vapor pressure air serves as the impetus for effectively drying the pipeline.

					Приложение II	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		106

Psychrometric of dehumidification

The authors explore the first approach to dehumidification, which involves utilizing the dry-air drying principle for pipework. This method entails introducing air with a low dew point into the pipework. The dry air flow has a reduced vapour pressure, allowing it to absorb the moisture present within the pipeline. The driving force for the drying process stems from the disparity in vapour pressure between the moisture content inside the pipework and the moisture content of the dry air. The larger the difference in vapour pressure, the faster the pipework will dry. Figure 1 illustrates the requirement for both mechanical cooling and desiccant drying to generate air with a low dew point. The dehumidification process is depicted in figure 2, outlining its psychrometric characteristics.

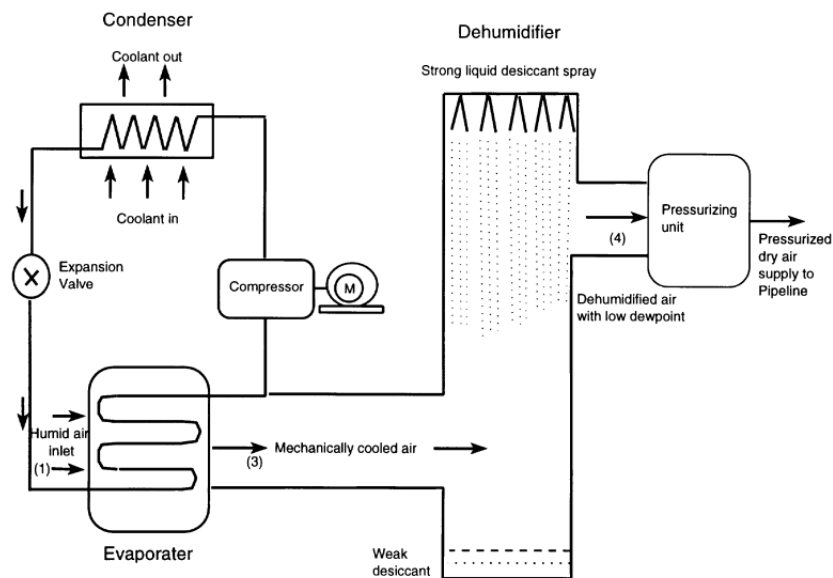


Figure 1 – Schematic of pipeline drying process [1]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

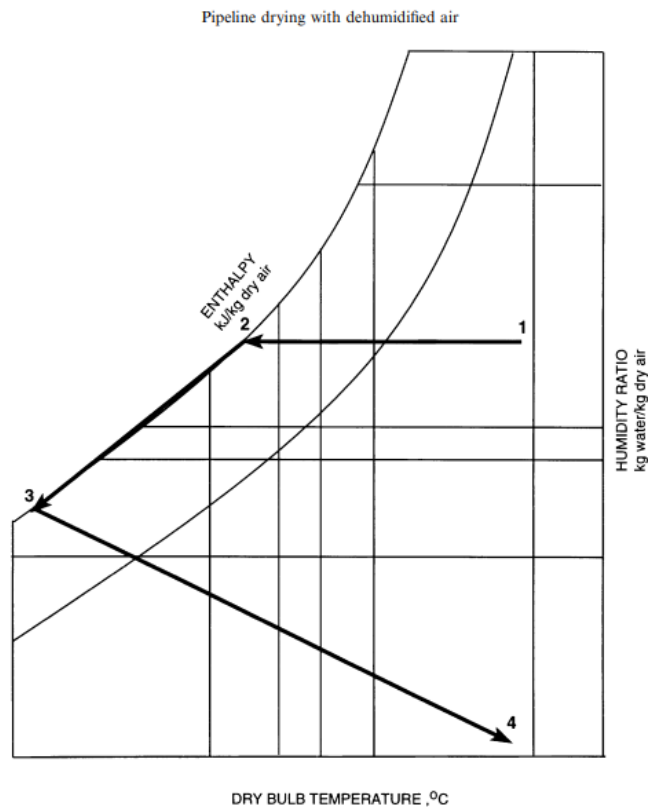


Figure 2 – Psychrometric of drying process [1]

Based on the data presented in Figure 1 [1], the dehumidification process involves the passage of air through a liquid dehumidifier sprayer positioned at the top of the dehumidifier. This arrangement efficiently eliminates moisture, enabling the air to reach a final dew point ranging from -20°C to -40°C . Moreover, the inclusion of a dehumidifier ensures that the system can operate at any temperature without encountering freezing issues. This transformation is represented as a transition from state 3 to state 4 on the psychrometric graph.

Mathematical modelling

According to the authors [1], one crucial element in drying technology, particularly for industrial applications, is the utilization of mathematical models to understand drying processes. The primary objective of modeling is to assist engineers in choosing the most appropriate drying method for a specific product and determining suitable operating conditions.

The concept of modeling relies on establishing a set of mathematical equations that fully describe the system being modeled. By solving these equations, it becomes feasible to forecast the process parameters over time at any given point.

					Приложение II	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

considering the specified initial and boundary conditions. Figure 3 illustrates a schematic representation of a drying process employing dehumidified air.

Y. A. Syed *et al.*

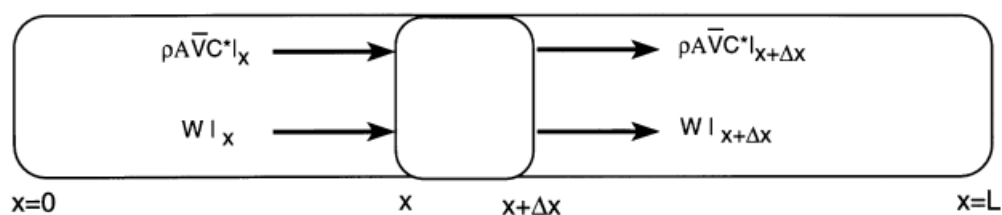


Figure 3 – Schematic of a pipeline [1]

Thus, the study presented in the article estimated the drying time needed for a pipeline of varying length under different operating conditions. The comparison between the outcomes of analytical and numerical investigations for a shorter pipeline length (20 m) is illustrated in Figure 4.

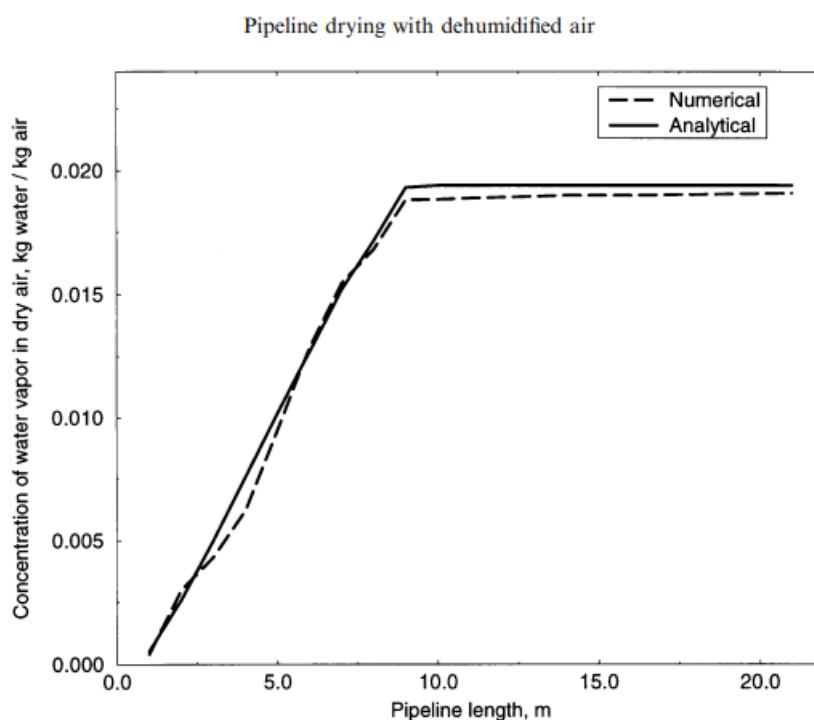


Figure 4 – Concentration variation of a pipeline at 55th second [1]

The dynamics of the drying process are depicted in Figure 4, which displays the fluctuations in water vapor concentration within the dry air as it progresses through the pipeline. Notably, a swift change in concentration is observed near the pipeline entrance. This phenomenon can be attributed to the rapid evaporation of

moisture from the pipe wall, driven by the significant disparity between the water vapor concentration adjacent to the pipe wall and the flowing air. This process continues until the air stream becomes saturated, as illustrated by the horizontal line in the graph.

I agree with the authors' viewpoint that employing dehumidified air with a low dew point temperature is a prevalent approach for eliminating residual water post-hydrostatic tests. Through the application of analytical and numerical methods, the author has effectively resolved the pipeline drying challenge. Furthermore, the authors have verified that the drying duration is influenced by factors such as the thickness of the water film, the volume flow rate of dry air, the dew point temperature of the dry air, and the length of the pipeline.

2 Development and validation of model for the simulation of the air drying phenomena in pipelines

This paper [2] begins by describing the problem of moisture in the pipeline cavity and the importance of the dewatering process. The scope of this work is the elaboration of a simulation software based on a numerical method to solve the differential equations governing a drying process. The main aim of a paper is the description of the model implemented in the pipeline air drying (PAD) software.

Furthermore, model validation is presented with reference to available air drying operation data collected during the pre-commissioning of two existing long offshore gas pipelines:

- blue stream pipeline, a 400 km long, 24” twin offshore pipeline system, crossing the Black Sea on a laid at a maximum depth of 2.200 m, exporting gas from Russia to Turkey;
- pipeline M, a 500 km long, 24” pipeline, laid at a maximum depth of 650 m.

The authors gave examples of two main mathematical models in the literature for modelling the drying process: the basic model (Vemmelund, 2008; Wan and Sun, 2007) and the heat and mass balance model (Battarra et al., 1984) [2].

					Приложение II	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

The foundational model continues to be referenced in contemporary literature. It encompasses a set of polynomial equations that estimate the time required to completely eliminate the water content in the pipeline, assuming specific conditions. The calculation of the drying time relies on determining the moisture removal capacity, which hinges on the disparity between the water vapor concentration in the air-vapor mixture at saturation levels and the ambient conditions. However, a key drawback of the model is its inability to forecast the trajectory of essential parameters like water vapor concentration in the air-vapor mixture or the quantity of water within the pipeline, both spatially and temporally.

Figure 5 shows the comparison of calculated and measured water-vapour mass concentration time trend at pipeline outlet, for air drying operation in pipeline M (WFT indicates the residual water film thickness); the discrepancy between model predictions and field data is quite evident.

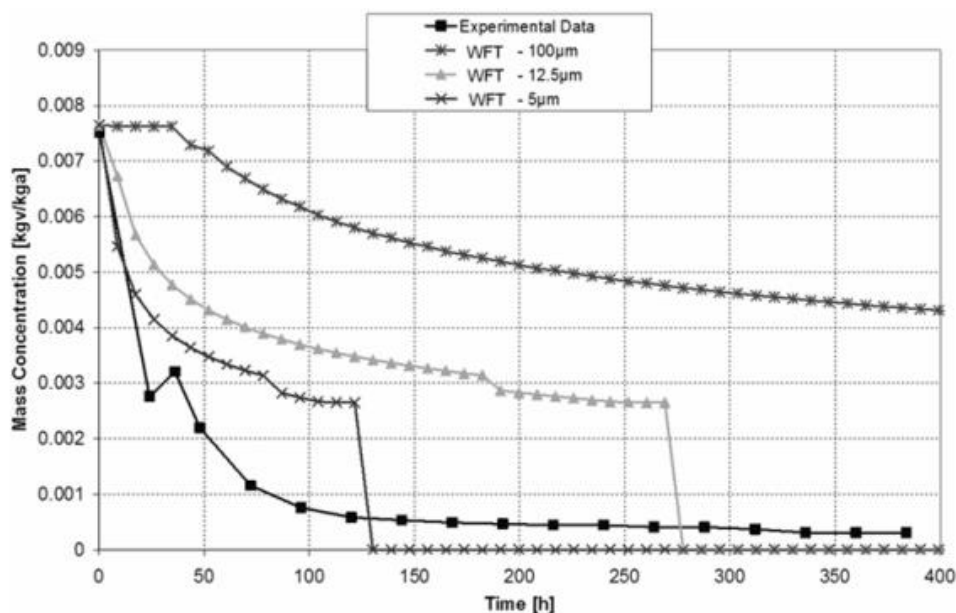


Figure 5 – Outlet air vapour concentration time trend: experimental vs. numerical results for pipeline M [2]

The authors further analysed the distribution of water. The following boundary conditions were defined:

- at the pipe wall (zone 1): the ‘no-slip boundary condition’, to specify that the velocity at the wall is zero.

- at the water-air interface (zone 2): the ‘normal-stress condition’, to represent the air pressure at the water-air interface.

The research under consideration has revealed that the water velocity within the system is non-uniform, exhibiting variations from a minimal value of zero near the wall to a maximum value close to the water-air interface [2]. Figure 6 shows the plots for three different values of film thickness according to a wall roughness of 12.5 μm.

The authors drew the following conclusions from the calculated water velocity fields in the pipe:

- It was found that all the water staying initially above the wall roughness peaks tends to drop and to accumulate at pipe bottom, due to gravity effects. Thus, it seems more suitable, for this kind of calculations, to consider all the water potentially located above wall roughness peaks under the assumption of initial uniform distribution, as accumulated at pipe bottom as a pool.

- It was found that all the water staying initially inside wall roughness dips, is characterised by a flowing velocity in the range from 0 to $3.5 \cdot 10^{-2}$ m/s.

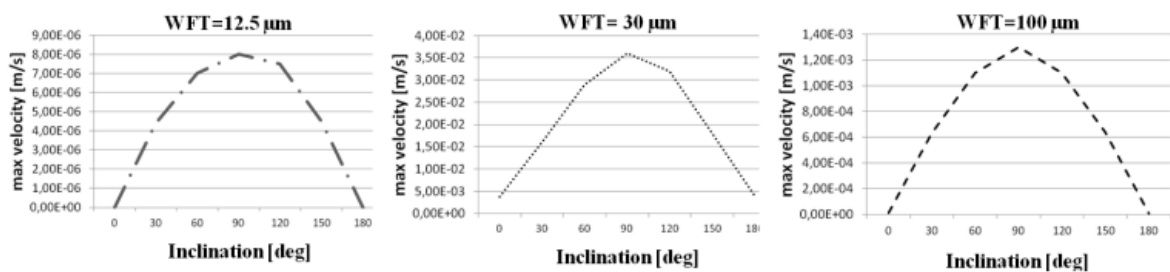


Figure 6 – Maximum water velocity for 12.5 μm wall roughness and 12.5, 30 and 100 μm WFT [2]

Taking the aforementioned information into account, it can be deduced that assuming a uniform water film thickness as the initial distribution before commencing air drying is not a realistic representation. Instead, a more accurate depiction of the actual behavior involves a non-uniform film thickness distribution, characterized by a slow and uneven movement.

Welding influence

A long pipeline consists of several pipes welded together. The authors also emphasise the butt welding carried out at each coil joint, as this can have a significant impact on the problem under investigation.

Within each weld, there is an uncovered section of approximately 30 mm on the internal pipe wall. This area exhibits characteristics similar to those resulting from a sandblasting process, with a roughness of around 40 μm . Despite the welding bend length being only 30 mm, it occurs frequently (approximately every 12 meters) along the pipeline. As a result, the elevated roughness in the welding bend significantly affects water distribution and, consequently, the drying process. To address this phenomenon, the software enables the inclusion of a specific volume of water displaced at regular intervals along the circumference.

Model validation

In order to validate the new air drying model and incorporated in a software called PAD, a comparison with air drying field data of pipeline M and blue stream pipeline has been carried out. The reference parameter used for comparison is the water vapour mass concentration in air monitored at pipeline outlet during the whole operation.

Table 1 shows the main characteristics of pipeline M as well as main process parameters of the relevant air drying operation.

Table 1 – Pipeline M design data and air drying operation parameters [2]

Pipeline length	503.1 km
Internal diameter	0.5758 m
Design wall roughness	12.5 μm
External temperature	10°C
Inlet air temperature	50°C
Air flow-rate	154 Nm^3/min
Inlet pressure	0.33 MPa
Outlet pressure	0.1 MPa
Inlet WDP	-70°C

The results of the simulation and the comparison with the field data of pipeline M are reported in Figure 7.

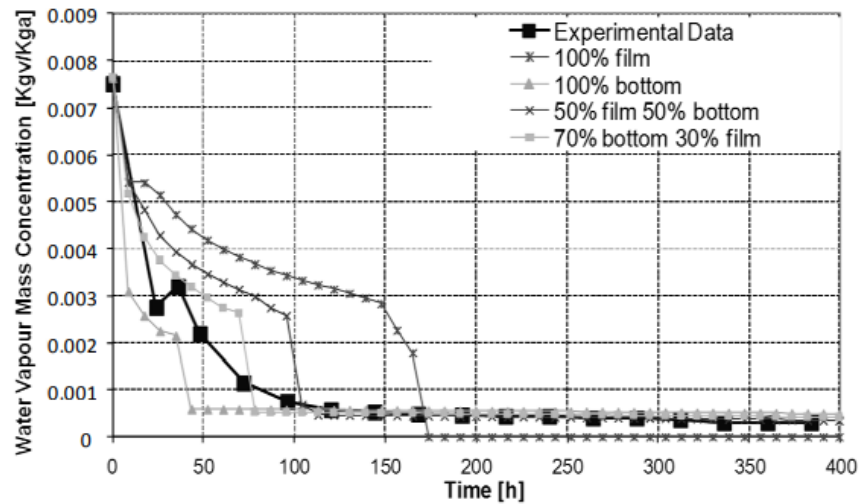


Figure 7 – Outlet air vapour concentration time trend: experimental vs. numerical results of new air drying model applied to initial water film of 7 μm thickness in Pipeline M [2]

The trend of other significant parameters such as residual water in the pipeline, pressure profile, and air vapour concentration at different times, calculated by the developed software is reported in Figure 8.

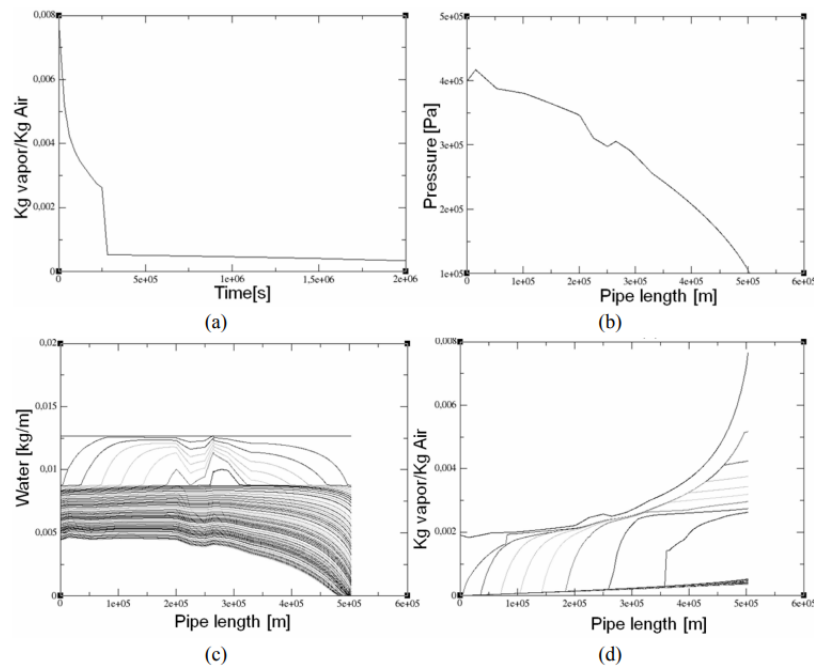


Figure 8 – Pipeline M air drying simulation: parameters calculated for 70% bottom – 30% film initial water nitial water distribution on pipe circumference, (a) outlet air vapour concentration trend [kgv/kgga] (b) pressure profile [Pa] (c) residual water in the pipeline [kg/m] at different times (d) air vapour concentration profile [kgv/kgga] at different times [2]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

The authors have developed a new model for simulating PAD operation, implemented in a finite-volume numerical scheme (PAD software).

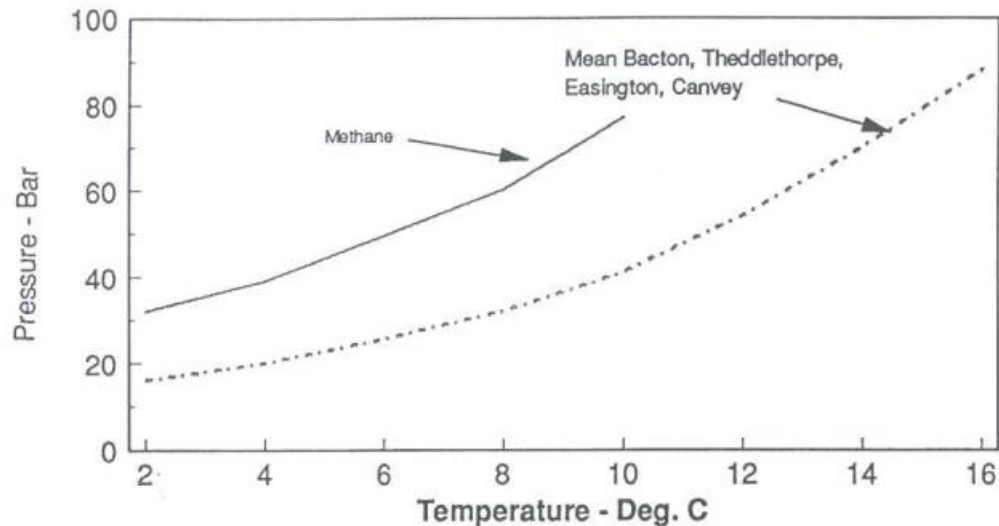
The analysis of the phenomena that influence the water distribution in the internal pipeline wall led to the conclusion that the ‘uniform film distribution’ is not realistic.

Because the actual water distribution has a strong influence on the calculated air drying time, the authors have implemented the possibility of introducing a non-uniform initial water distribution in the software.

3. Evaluation of pipeline drying techniques introduction

The article [3] begins by describing the importance of applying pipeline dehydration. The authors took as an example a pipeline that has been put into service dirty and wet, corroded, crusted, the shut-off valves have not been sealed, and it is likely to cost 5-10% more to operate over the years due to deteriorating flow characteristics. Many gas pipelines need to be dried to prevent the formation of hydrates.

Hydrate is a white crystalline substance formed at a combination of pressure and temperature which causes the gas to react with water. It will typically appear as snow in a pipeline and can easily occur in sufficient quantities to block a line and, in particular, to cause valves, regulators, and instrument pipework to freeze. Fig. 9 shows a typical hydrate-formation curve for several gases and their pressure and temperature dependency. Hydrates will easily decompose when the temperature increases or the pressure decreases.



Source: British Gas Data Book : Volume 1 (A)

Figure 9 – Hydrate formation curve for methane and average North Sea natural gas

The authors divide existing pipeline drying methods into two categories: (a) those that simply aim to prevent hydrate formation by reducing the hydrate formation temperature well below the ambient temperature, and (b) those that physically remove all water from the pipeline.

In this paper each of the drying techniques is discussed, with the pros and cons of each system highlighted.

Methanol and glycol swabbing

Methanol and monoethylene glycol are usually used for pipeline drying operations, but the other alcohols and glycols such as ethanol, propanol, and triethylene glycol can be used just as effectively.

The chemical swabbing process consists of running a series of batches of hydrate inhibiting fluid down the pipeline to absorb the water in the system and leave a film of residual liquid with sufficient inhibitor concentration so that hydrates will not form. All the hydrating fluids are hygroscopic and fully miscible with water.

Here, a five-pig train is typically used (Figure 10). This consists of two slugs of inhibitor which are separated by slugs of nitrogen when the inhibitor is methanol because of its flammability. The fifth pig simply sweeps up residual liquid.

The pig train is usually propelled with gas so that the line is commissioned and ready to go straight into operation on completion of the swabbing activity.

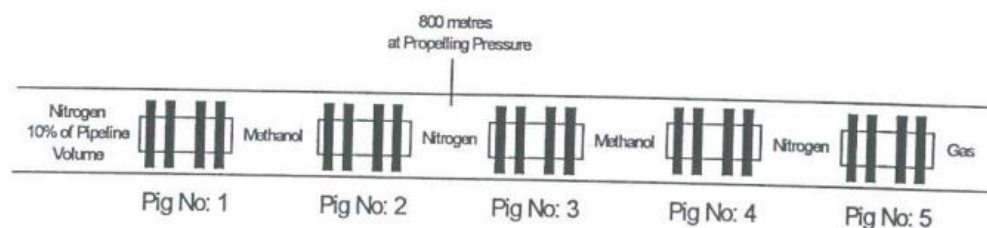


Figure 10 – Typical methanol-swabbing train for previously dewatered pipes [3]

So whilst the swabbing process does not in itself produce a negative dewpoint condition or a clean pipeline, it is usually feasible to achieve a negative dewpoint in a very short period of time.

The article highlights the following main advantages of methanol swabbing:

- It is undoubtedly the quickest commissioning method at all but the very smallest pipelines.
- The duration is governed only by the pigging velocity and hence gas flow.
- The length of pipeline that can be dried by this technique is limited only by the capabilities of the pigs. (The longest pipeline in the world was dried using this technique.)
 - It can be used onshore and offshore, though in larger offshore lines equipment space
 - Requirements may become prohibitive.
 - It is the only method which commissions the line at the same time as “drying” it.
 - It is still effective at low ambient temperatures.

The authors also identified the main disadvantages of methanol tamping:

- A negative dew point cannot be achieved by this method alone, and therefore it is not the preferred method for sour gas lines, high purity petrochemicals, etc.
 - Because of the flammability of methanol and gas, this operation makes the pipeline ‘live’ while other dewatering methods are effectively carried out as early

as the construction phase. This can affect other activities, especially if the construction site still requires hot work, etc.

- The flammability of methanol makes this operation more dangerous than other drying methods.

Air drying

The paper examines a particular technology that was developed and patented by Pipeline Dehydrators Inc (now part of the Nowasco group) in the USA.

The basis of the method is to run a series of lightweight (2lb per foot) polyurethane foam swabs through the line with a super-dry air dew point of -90°F . Special fast, low-pressure starters are used for this, which allow the swabs to be loaded and started in less than a minute and with little or no disturbance to the dry air flow. The pigs initially absorb large quantities of water and provide a constant water distribution in the pipeline as a thin film, which facilitates evaporation into the dry air stream. The lower the pressure, the more water vapour can be absorbed by the air and the faster the pipeline will dry out. In addition to measuring the output dew point, the appearance of the dust gives a clear visual indication that the line is beginning to dry out.

The researchers identified the following main advantages of the air drying method:

- All free water is removed from the pipeline.
- A very low dewpoints can be achieved down to as low as -90°F .
- The line can be cleaned at the same time to a higher specification than any of the other drying processes.
- The process is very efficient at high ambient temperatures.

The main disadvantages of this drying method were also identified:

- the length of the area to be dried is limited. It depends on the diameter, but for a 30-in pipeline, 100 miles would be a typical maximum.
- a large area is required for equipment on large-diameter lines. the technique consumes large amounts of fuel to run compressors.

					Приложение II	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

- the process generates a large amount of debris both in terms of used swabs and dust from the pipeline; however, these can be disposed of in an environmentally-friendly manner.

- The process is not well suited for offshore pipelines.

Vacuum drying

In air drying it is blown out and in vacuum drying it is evacuated out. The vacuum-drying process relies on the fact that the boiling point of water varies with pressure. So, by reducing the pressure in the pipeline down to the saturated vapour pressure (svp) for the ambient temperature, we can cause the water to ‘boil’ and remove it from the pipeline as a gas with a vacuum pump.

The vacuum-drying process can be split into three main phases (see Figure 11).

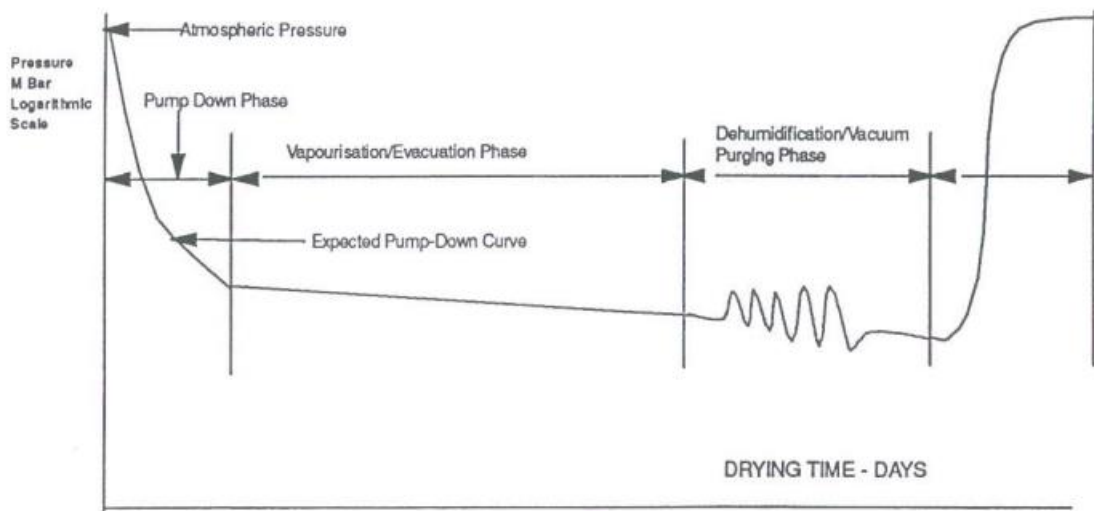


Figure 11 – Typical vacuum-drying operation [3]

The researchers identified the following main advantages of the vacuum drying method:

- All free water is removed from the pipeline.
- Very low dewpoints can be achieved, down to -90°F (when used with nitrogen purging).
- The equipment space requirements are generally very few.
- The process produces no appreciable waste (some vacuum pumps

- It can be undertaken from one end of the line only, making it particularly suitable for some offshore pipelines.

The main disadvantages of this method were also highlighted:

- No cleaning is carried out in the process.
- Durations can be very long.
- It is unsuited for long, small-diameter lines.

					Приложение II	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		120

References

1. Ahmed S. Y., Gandhidasan P., Al-Farayedhi A. A. Pipeline drying using dehumidified air with low dew point temperature //Applied thermal engineering. – 1998. – Vol. 18. – No. 5. – P. 231-244. [Electronic resource]. Access mode: [https://doi.org/10.1016/S1359-4311\(97\)00083-5](https://doi.org/10.1016/S1359-4311(97)00083-5) (access date: 17.05.2023).
2. Crivellini A. et al. Development and validation of a model for the simulation of the air drying phenomena in pipelines //International journal of mathematical modelling and numerical optimisation. – 2013. – Vol. 4. – No. 4. – P. 351-373. [Electronic resource]. Access mode: <https://doi.org/10.1504/IJMMNO.2013.059203> (access date: 18.05.2023).
3. Barden A. J., Powers M. D., Karklis P. Evaluation of pipeline-drying techniques //The Pipeline Pigging Conference. – 1996. – P. 5.

					Приложение II	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		121