

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

---

Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
«Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов» УДК <u>622.692.4.532.5.013</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Б	Филимоненко М. А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зарубин А. Г.	к.х.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И. В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Маланова Н. В.	к.т.н.		

Консультант-лингвист

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротченко Т. В.	к.ф.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

И. о. Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Бурков П. В.	д.т.н., профессор		

Томск – 2017г.

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

Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»  
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:  
 И. о. Зав. кафедрой

Бурков П.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Б	Филимоненко Михаил Анатольевичу

Тема работы:

«Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 19.04.2017 г. №2697/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2017г.
--	--------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования данной дипломной работы является сеть промысловых нефтепроводов. Диаметр нефтепроводов рассматриваемой сети от 114 мм до 325 мм, рабочее давление 4 МПа. Эксплуатация промысловых нефтепроводов не должна приводить к загрязнению окружающей среды.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Провести анализ современной литературы в части проведения гидравлических расчетов;</li> <li>2. Рассмотреть технологические схемы сетей промысловых нефтепроводов;</li> <li>3. Провести гидравлический расчет сети промысловых нефтепроводов с помощью компьютерного комплекса Pipesim;</li> <li>4. Провести гидравлический расчет сети промысловых нефтепроводов традиционным способом;</li> <li>5. Провести расчет затрат на проведение работ по строительству промыслового нефтепровода;</li> <li>6. Рассмотреть вопросы безопасности персонала и окружающей среды при проведении работ.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Технологические схемы систем сбора и транспорта нефти и газа на месторождениях</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Шарф И. В., доцент
«Социальная ответственность»	Маланова Н. В., инженер
«Beggs and Brill correlation»	Коротченко Т. В., доцент

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

1. Обзор литературы
2. Характеристика сетей промысловых нефтепроводов
3. Гидравлический расчет для сети промысловых нефтепроводов
4. Расчетная часть
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
6. Социальная ответственность
Beggs and Brill correlation

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.09.2016г
---	-------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зарубин А. Г.	К.Х.Н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Б	Филимоненко М. А.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2БМ5Б	Филимоненко Михаил Анатольевич

<b>Институт</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Транспорта и хранения нефти и газа</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материально-технических и человеческих ресурсов при производстве работ по строительству линейной части промышленного нефтепровода</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормативы расхода материалов на технологический процесс, ЕНиР нормы и расценки на строительные и монтажные, ремонтно-строительные работ от 05.12.1986 № 43/512/29-50</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Налоговый кодекс РФ ФЗ-213 от 24.07.2009 в редакции от 09.03.2016 г. №55-ФЗ</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Оценка перспективности подключения новой кустовой площадки в систему сбора нефти и газа месторождения с помощью промышленного нефтепровода</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Организация этапов строительных работ, расчет необходимого времени и сметной стоимости строительства линейной части промышленного нефтепровода</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение объема дополнительной скважинной продукции, поступающей с новой кустовой площадки по построенному промышленному нефтепроводу</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<p><i>Таблицы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Стоимость материалов для линейной части нефтепровода</i></li> <li>- <i>Стоимость оборудования для проведения сварочно-монтажных работ</i></li> <li>- <i>Расчет амортизационных отчислений</i></li> <li>- <i>Расчет заработной платы</i></li> <li>- <i>Расчет страховых взносов</i></li> <li>- <i>Затраты на строительство линейной части промышленного нефтепровода</i></li> </ul>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	05.04.2017
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Шарф И.В.	К.Э.Н, ДОЦЕНТ		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Б	Филимоненко Михаил Анатольевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ5Б	Филимоненко Михаил Анатольевич

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Транспорта и хранения нефти и газа
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>При строительстве линейной части промышленного нефтепровода осуществляется комплекс земляных работ с помощью специализированной техники: различных экскаваторов и бульдозеров.</p> <p>Основными вредными проявлениями являются: неблагоприятные метеоусловия, высокий уровень шума, повышенная концентрация вредных веществ в рабочей зоне, недостаточная освещенность.</p> <p>Опасными проявлениями являются: грузоподъемные работы, опасность падения с высоты, факторы электрической природы, факторы при сварочных работах. Возможно негативное воздействие на атмосферу, литосферу, гидросферу.</p> <p>Более вероятными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера.</p>
<p><i>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»</li> <li>2. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»</li> <li>3. ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»</li> <li>4. ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»</li> <li>5. ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»</li> <li>6. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»</li> <li>7. ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности»</li> </ol>

	8. ГОСТ 55990-2014 «Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования»
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Отклонения от нормальных метеоусловий могут стать причиной хронических простудных заболеваний и заболеваний суставов. Вредные вещества влияют на сердечно-сосудистую систему и на показатели крови. Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие.</p> <p>Нормирование вредных воздействий и использование средств индивидуальной защиты может снизить влияние вредных факторов.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Термическое действие тока вызывает ожоги, перегревание сосудов и нарушение функциональности внутренних органов. Биологическое действие вызывает нарушение нормальной работы мышечной системы. Пожаровзрывоопасность, представляет угрозу для жизни и здоровья работников в зоне проведения работ строительству нефтепровода.</p> <p>При соблюдении правил безопасности проведения работ и использовании средств индивидуальной защиты можно предотвратить получения травм.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Для защиты атмосферы используются герметичные сосуды, техника с отрегулированными двигателями внутреннего сгорания.</p> <p>Для защиты литосферы обустроивается полоса отвода, снимается верхний почвенный слой и используется при рекультивации.</p> <p>Для защиты гидросферы проводится своевременный вывоз отходов и мусора, запрещается мойка техники на строительной площадке.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>При производстве работ по строительству промышленного нефтепровода нужно строго соблюдать правила техники безопасности, при этом необходимо руководствоваться нормативными документами.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Метод работы персонала – вахтовый. Персонал работает в 1 смену по 8 часов в сутки. Работы на объекте производятся в светлое время суток.</p> <p>Перед проведением работ должны быть выполнены подготовительные мероприятия. Персонал должен быть обеспечен необходимыми средствами индивидуальной</p>

	защиты.
<b>Перечень графического материала:</b>	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.04.2017г
---	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>Инженер</b>	Маланова Наталья Викторовна	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ5Б	Филимоненко Михаил Анатольевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа с., рис., табл., источников, прил.

Ключевые слова: промысловый нефтепровод, сеть, гидравлика, гидравлический расчет, моделирование.

Объектом исследования является сеть промысловых нефтепроводов.

Цель работы – исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов.

В процессе работы проводился анализ современной научной литературы в части проведения гидравлического расчета для сетей трубопроводов, в т.ч. вопросы по моделированию течений многокомпонентных жидкостей в трубопроводах. Также были проведены гидравлические расчеты двумя способами: с помощью компьютерного комплекса Pipesim и традиционным способом. Был проведен анализ полученных результатов расчетов, сделаны выводы о корректности данных расчетов.

## Содержание

Введение	12
1 Обзор литературы	14
2 Характеристика сетей промысловых нефтепроводов	17
2.1 Классификация промысловых трубопроводов	17
2.2 Сбор и внутрипромысловый транспорт скважинной продукции	20
2.3 Системы совместного сбора и транспорта нефти и газа	22
2.4 Системы сбора скважинной продукции в Западной Сибири	27
2.5 Характеристика района расположения сети промысловых нефтепроводов	29
2.6 Характеристика сети промысловых нефтепроводов	30
3 Гидравлический расчет для сети промысловых нефтепроводов	33
3.1 Характеристики транспортируемых сред по промысловым нефтепроводам	33
3.2 Принцип высокоточного моделирования трубопроводных сетей	33
3.3 Правило минимизации глубины необходимых упрощений и допущений	35
3.4 Течение многокомпонентных жидкостей	37
3.5 Wegg's and Brill Correlation	47
3.6 Пример гидравлического расчета сети промысловых нефтепроводов с помощью компьютерного комплекса Pipesim	51
3.7 Гидравлический расчет сети промысловых нефтепроводов традиционным способом	56
4 Социальная ответственность	59
4.1 Производственная безопасность	60
4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	61
4.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	66

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Филимоненко			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зарубин А.Г.			10	2	
Консульт.					<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		
Зав. Каф.		Бурков П.В.					

Содержание

4.2 Экологическая безопасность	70
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	73
4.4 Правовые и организационные вопросы в обеспечении безопасности	75
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	78
5.1 Затраты на проведение работ по строительству промышленного нефтепровода	78
5.1.2 Расчет основных параметров траншеи	79
5.1.2. Расчет необходимой техники и затрат на топливо	80
5.2 Затраты на оборудование для проведения работ строительству промышленного нефтепровода	85
5.3 Расчет амортизационных отчислений	87
5.4 Расчет стоимости материалов для работ по строительству линейной части промышленного нефтепровода	88
5.5 Затраты на оплату труда работников	89
5.6 Расчет страховых взносов	90
5.7 Сумма затрат необходимых для строительства промышленного нефтепровода	91
Заключение	93
Список использованной литературы	94

## Введение

Промысловые трубопроводы предназначены для перекачки значительных объемов нефти, газа и воды, а также поступающих из нефтяных и газовых скважин различных примесей – твердых механических частиц, минеральных солей и т.д. Такая перекачиваемая среда является особо агрессивной и является причиной усиленной коррозии металла трубопроводов и абразивного износа труб.

Повышение надежности промысловых трубопроводов стало особо острой проблемой в последнее десятилетие, так как:

1. Растет количество отказов трубопроводов при эксплуатации;
2. С увеличением обводненности и содержанием сероводорода в добываемой продукции скважин изменяется процесс взаимодействия трубопроводов с перекачиваемой средой;
3. Оборудование, используемое на промыслах, а также сами трубопроводы со временем морально и физически изнашиваются;
4. Требования к охране недр и окружающей среды постоянно совершенствуются и ужесточаются.

Если проблемы повышения надежности трубопроводов не решены в проектной документации или при реализации проекта они не выполнены, то нефтедобывающие предприятия будут вынуждены проводить данные мероприятия за счет эксплуатационных расходов (человеческие и материальные ресурсы), при этом значительная часть расходов пойдет на ремонтно-восстановительные работы и охрану окружающей среды. Поэтому при разработке проектной документации необходимо учитывать значительное резервирование коммуникаций на перспективное развитие, чтобы поддерживать необходимый уровень добычи нефти и газа на месторождениях.

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Филимоненко</i>			<b>Введение</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зарубин А.Г.</i>					12	2
<i>Консульт.</i>						<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Бурков П.В.</i>						

Нефтедобывающие предприятия несут значительные затраты на многократную замену нефтепроводов и технологического оборудования в связи с тем, что срок службы промысловых трубопроводов значительно сокращается в связи с выше указанными факторами. Несмотря на проведение как ремонтно-восстановительных работ, так и работ по новому строительству вредные воздействия на окружающую среду и экологическую обстановку не исключаются.

Для уменьшения риска возникновения аварий на промысловых трубопроводах необходимо на стадии проектирования учитывать все возможные воздействия на трубопровод, подбирать соответствующий диаметр трубопровода согласно оптимальной скорости транспортируемой среды.

На основании изложенного автором сформулированы цель и задачи настоящей работы:

**Цель магистерской работы** – проанализировать методы гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов и предложить пути развития данных методов.

**Основные задачи исследований:**

1. Провести обзор и анализ существующих методов гидравлического расчета промысловых нефтепроводов.
2. Провести гидравлический расчет сети промысловых трубопроводов.
3. Определить оптимальный метод гидравлического расчета, рассчитать параметры работы сети промысловых нефтепроводов.

## 1 Обзор литературы

Назначением любого трубопровода является перекачка необходимого количества продукции в единицу времени. Количество продукции, перекачиваемой за единицу времени, или расход зависит от следующих параметров: внутренний диаметр, плотность перекачиваемой среды, ее вязкость, давление.

Проектирование трубопроводов для определенных параметров транспорта продукции невозможно без надежного прогнозирования характеристик течений, происходящих в трубах. Экспериментальное определение параметров работы трубопроводных сетей при физическом моделировании процессов, происходящих при различных режимах, требует значительных затрат времени и материальных средств. В связи с этим в настоящее время активное развитие находят методы математического моделирования, которые позволяют обеспечивать прогнозирование характеристик течений и параметров работы трубопроводных сетей на всех стадиях их существования: от проектирования до эксплуатации.

В то же время погрешность получаемых при моделировании параметров технологических режимов может ощутимо превышать тот уровень, который позволяет принимать правильные параметры эксплуатации трубопровода, и привести к неправильному решению по дальнейшей работе системы.

Основные методы решения задачи гидравлического расчета трубопроводных систем рассмотрены в работах следующих отечественных ученых: профессора В.Г. Лобачева, профессора М.М. Андрияшева, член-корреспондента РАН А.П. Меренкова, профессора В.Я. Хасилева, академика В.В. Кафарова, член-корреспондента РАН, профессора В.П. Мешалкина, профессора Н.Н. Новицкого, профессора М.Г. Сухарева, профессора

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промышленных нефтепроводов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Филимоненко			<b>Обзор литературы</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Зарубин А.Г.					14	3
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						
						<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		

В.И. Зоркальцева и др., а также ряда зарубежных ученых: Cross H., Todini E и др.

Задачи, решаемые в системе трубопроводного транспорта с использованием различных гидравлических расчетов, постоянно расширяется. Одновременно с этим повышаются требования к точности и удобству проведения расчетов при проектировании объектов и в ходе эксплуатационной деятельности. Одним из перспективных направлений по обеспечению качественного и своевременного выполнения гидравлических расчетов является универсализация и унификация предназначенных для этого формул с расширением границ их применимости или возможностью использования во всем требуемом диапазоне.

Основная задача гидравлического расчета трубопроводов, по которым транспортируются ньютоновские жидкости, состоит в определении изменения удельной энергии (потерь напора) по длине трубопровода в зависимости от параметров потока транспортируемой жидкости и характеристик самого трубопровода. Ключевым этапом в проведении такого расчета является нахождение коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$ .

На данный момент есть достаточное количество формул для связи коэффициент гидравлического сопротивления с числом Рейнольдса и шероховатостью внутренних стенок трубопровода. Данные формулы были выведены эмпирически и, как следствие, могут быть некорректны вне промежутка чисел Рейнольдса, для которого они были получены.

В наиболее распространенных программных комплексах для расчетов коэффициента гидравлического сопротивления при исследовании параметров транспортировки газа используются формулы Хааланда, Мууди и Американской газовой ассоциации (AGA).

Наибольшие и наименьшие значения  $\lambda$  получаются по зависимостям Мууди и AGA соответственно, а значения по формуле Хааланда занимают промежуточное положение (В.А. Сулейманов, Е.А. Караванова).

					Обзор литературы	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

В исследованиях, связанных с гидравлическими расчетами, существует тенденция оптимизации проведения расчетов, изучения зависимостей, описывающих изменение коэффициента  $\lambda$  сразу в нескольких зонах течения. В разные годы в работах отечественных ученых (А.Д. Альтшуль, И.А. Исаев, Г.А. Адамов, Г.К. Филоненко, В.И. Черников, С.Р. Левин и др.) были получены такие универсальные формулы.

В настоящее время в литературе, посвященной трубопроводной гидравлике, все чаще проводят разницу между гидравлической и геометрической шероховатостями. На современных заводах достигнутый уровень шероховатости гладкостенных труб составляет  $5 \pm 2$  мкм. Гидравлическая шероховатость – это расчетное значение шероховатости, полученное в результате обработки данных по гидравлическим потерям на действующих трубопроводах с помощью выбранной методики расчета коэффициента гидравлического сопротивления. Проводя анализ и сравнение данных шероховатостей можно сделать вывод о том, что значение геометрической шероховатости превышает значение расчетной гидравлической шероховатости.

Тенденцией развития ведущих программных продуктов на данном этапе развития является реализация в каждом из них набора математических моделей, обеспечивающих наиболее полное моделирование всех встречающихся на практике физических процессов, задавая при этом соответствующие граничные условия и прочие требуемые данные.

## 2 Характеристика сетей промышленных нефтепроводов

### 2.1 Классификация промышленных трубопроводов

Промысловые трубопроводы на нефтегазовых месторождениях являются одной из важнейших составляющих сбора и подготовки товарной нефти, газа и воды для систем (ППД). Назначение промышленных трубопроводов – транспортировка добываемой продукции от устья добывающих скважин до головных сооружений магистральных нефте- и газопроводов или до НПЗ (ГПЗ), а также для подачи попутно добываемых вод от УПСВ и ЦППН до КНС, а от нее до нагнетательных скважин месторождения.

Трубопроводы, транспортирующие товарную нефть, то есть нефть с давлением насыщенных паров при 38°C не выше 66,7 кПа (500 мм рт. ст.), называются нефтепроводами.

Трубопроводы, транспортирующие продукцию скважин с газом в растворенном и в свободном состоянии при абсолютное давлении насыщения паров нефти при плюс 20°C выше 0,2 МПа называются нефтегазопроводами.

Трубопроводы, транспортирующие воду для закачки ее в пласт, называются водоводами.

Исходя из выполняемых функций и условий, в которых промышленные трубопроводы работают, их подразделяют:

- по назначению;
- по величине напора;
- по типу укладки;
- по материалам изготовления;
- по гидравлической схеме перекачки;
- по характеру заполнения сечения труб.

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промышленных нефтепроводов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Филимоненко			<b>Характеристика сетей промышленных нефтепроводов</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Зарубин А.Г.					17	16
<i>Консульт.</i>						<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		
<i>Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						

По назначению трубопроводы подразделяются на:

1. Нефтеcборные нефтегазопроводы (обеспечивают транспорт скважинной продукции от устья скважины до группой замерной установки (ГЗУ));
2. Нефтегазосборные коллекторы (от ГЗУ до дожимной насосной станции (ДНС));
3. Напорные нефтегазопроводы (транспортируют продукцию от ДНС до центрального пункт подготовки нефти (ЦППН) или до установки подготовки нефти (УПН));
4. Напорные нефтепроводы (транспортируют товарную нефть от ЦППН (УПН) до головных сооружений магистрального нефтепровода);
5. Газосборные трубопроводы (обеспечивают транспортировку газа от пункта сепарации до компрессорной станции);
6. Водоводы: водоводы низкого давления (транспортируют попутные воды от установки предварительного сброса вода (УПСВ) и ЦППН до кустовой насосной станции (КНС) и водоводы высокого давления от КНС до нагнетательных скважин.

По величине напора промышленные трубопроводы подразделяются:

1. Высоконапорные – выше 2,5 МПа;
2. Средненапорные – 1,6 – 2,5 МПа;
3. Низконапорные – до 1,6 МПа;
4. Безнапорные или самотечные трубопроводы, перемещение жидкости в которых обеспечивает сила тяжести.

Свободно-самотечные трубопровода обеспечивают транспортировку нефти и газ отдельно друг от друга, то такой трубопровод, в то время как при отсутствии газовой фазы в трубопроводе он называется напорно-самотечным.

По типу укладки промышленные трубопроводы подразделяются:

1. Подземные;
2. Наземные;
3. Подвесные;

					<i>Характеристика сетей промышленных</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

4. Подводные;
5. Сварные;
6. Сборные.

По материалам изготовления промышленные трубопроводы подразделяются:

1. Стальные;
2. Стальные с внутренним покрытием;
3. Стеклопластиковые;

По гидравлической схеме перекачки промышленные трубопроводы подразделяются:

1. Простые;
2. Сложные (имеют отводы и различный по длине расход, вставки других диаметров, лупинги, а также кольцевые трубопроводы);

По характеру заполнения сечения промышленные трубопроводы подразделяются:

1. Трубопроводы с полным заполнением сечения трубы жидкостью;
2. Трубопроводы с неполным заполнением сечения,

Напорные трубопроводы обеспечиваются полным заполнением сечения трубы жидкостью, соответственно с неполным заполнением сечения – как напорные, так и безнапорные.

Чаще всего нефтесборные трубопровода и выкидные линии заполнены нефтью не полностью, т. е. часть сечения трубопровода заполнена газом, выделяющимся из транспортируемой продукции в процессе движения или попавшем при очистке в сепараторах при сбоях в работе.

В самотечных трубопроводах нефть движется под действием гравитационных сил, появляющихся из-за разности вертикальных отметок в начале и в конце трубопровода.

Скважинная продукция транспортируется по выкидным линиям до автоматической групповой замерной установки (АГЗУ) за счет разницы давлений на устье скважины и на АГЗУ.

					<i>Характеристика сетей промышленных</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

Диаметр труб выкидных линий подбирается в зависимости от дебита скважины. Протяженность выкидных линий составляет несколько километров.

С целью снижения коррозии стальных промысловых трубопроводов в последнее десятилетие заводами-изготовителями труб проведены довольно значительные работы. Вместе с научно-исследовательскими организациями заводами-изготовителями разработан комплекс технических условий, регламентирующих ряд важных показателей сталей и труб для нефтяной промышленности, в том числе и скорость коррозии этих труб.

Для нефтепромыслов заводы-изготовители начали выпускать коррозионно-стойкие трубы с повышенными добавками хрома, ванадия, титана, комбинированные и многослойные, плакированные трубы и т.п. Все эти мероприятия позволили снизить общую скорость коррозии труб и увеличить сроки их службы при использовании для водоводов ППД. Но на скорости образования ручейковой коррозии в нефтесборных трубопроводах это практически не отразилось.

При этом необходимо отметить, что названные мероприятия, проведенные заводами-изготовителями по повышению коррозионной стойкости труб, привели к резкому увеличению их стоимости.

Одновременно разными организациями был предложен для применения в нефтяной промышленности ряд труб из стеклопластика и пластмасс, стальных труб с внутренним и наружным полиэтиленовым покрытием, внутренним покрытием из различного рода антикоррозионных красок и лаков.

## **2.2 Сбор и внутрипромысловый транспорт скважинной продукции**

Обустройство месторождений для добычи углеводородов требует больших капитальных вложений. Сооружение системы сбора и транспорта скважинной продукции является одной из наиболее дорогостоящих позиций, обеспечивающих добычу сырья. Ввиду этого совершенствование и упрощение систем сбора и транспорта скважинной продукции имеет важнейшее значение

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

как для снижения капитальных вложений при строительстве, так и при эксплуатации объектов, а также для уменьшения времени, необходимого для обустройства и ввода в работу новых нефтяных и газовых месторождений.

Системой сбора нефти, газа и воды на месторождениях включает в себя все оборудование и систему трубопроводов, обеспечивающих сбор скважинной продукции и ее транспортировку до центрального пункта подготовки.

В связи с различными характеристиками каждого отдельного месторождения такими как размеры, форма, рельеф, климатические условия, размещение кустовых площадок, запасы нефти, газа и воды, способы их добычи, а также их физико-химические свойства и т.д., единой универсальной системы сбора нефти, газа и воды не существует.

Но каждая система сбора нефти, газа и воды обеспечивает возможность проведения следующих операций: учет продукции каждой скважины; транспорт скважинной продукции за счет энергии пласта или насосов до центрального пункта подготовки нефти, газа и воды; сепарация газа от нефти и его транспортировка до пункта подготовки или до потребителя; обезвоживание скважинной продукции до установок подготовки нефти; отдельный сбор и транспорт скважинной продукции, резко отличающейся по обводненности или физико-химическим свойствам; подогрев скважинной продукции скважин при невозможности ее транспортировки при обычных температурах.

В связи с появлением новых технологий и требований к системам сбора нефти и газа они постоянно совершенствуются и модернизируются.

Так устройство крупных централизованных сборных пунктов оптимизирует схемы сбора нефти и газа отдельных промыслов, что ведет к укрупнению административно-хозяйственных единиц, в которые они входят.

Сепарация нефти и газа и их подготовка на крупных централизованных пунктах экономически выгоднее, чем на отдельных некрупных объектах. Централизованные пункты сбора обеспечивают уменьшение потерь

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

наиболее дорогих легких фракций нефти, улучшают качество ее подготовки и обеспечивают более глубокую переработку газа.

На данный момент существует ряд принципиально новых герметизированных систем сбора нефти и газа. Основой данных систем служит метод совместного транспорта нефти и газа как в двухфазном, так и в однофазном состояниях на расстояния нескольких километров.

### **2.3 Системы совместного сбора и транспорта нефти и газа**

Возможность транспортировки нефти и газа совместно позволило развитие закрытой системы эксплуатации месторождений.

Ранее совместный транспорт нефти и газа обеспечивался только до сепарационно-замерных установок, которые находились на расстоянии от 200 до 300 м от устья скважин. Часто на отдельных скважинах или небольших группах скважин оборудовались индивидуальные установки, что требовало колоссальных капитальных вложений.

После разделения при давлении 0,6 МПа и замера на данных сепарационно-замерных установках количеств нефти и газа их транспорт осуществлялся раздельно по отдельным трубопроводам.

Транспортировка газа обеспечивалась его собственным давлением до компрессорной станции или на газоперерабатывающий завод (ГПЗ). Жидкая фаза направлялась на вторую ступень сепарации: выделившийся газ предназначался на собственные нужды. Нефть за счет разницы высотных отметок поступала в резервуары участковых сборных пунктов (УСП), далее с помощью насосных установок транспортировалась в резервуары центрального сборного пункта.

Данная схема сбора нефти и газа включает в себя: скважины; сепаратор первой ступени; регулятор давления типа «до себя»; газопровод; сепаратор второй ступени; резервуары; насосная установка; нефтепровод.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

Системы сбора и транспорта нефти и газа, в основу которых был заложен подобный принцип, получили название самотечных двухтрубных систем сбора нефти и газа и относятся к системам отдельного сбора и транспорта нефти и газа.

Основными признаками систем отдельного сбора и транспорта нефти и газа являются низкое давление в нефтегазосборных трубопроводах, низкие скорости движения (причина возможного отложения парафинов в трубопроводе, приводящая к снижению пропускной способности трубопровода); наличие промежуточных технологических объектов.

Данные системы имели ряд недостатков: большие капитальные вложения (большая металлоемкость), нерациональное использование избыточной энергии пласта, а также значительные потери газа и легких фракций нефти.

В середине 20 века на месторождения нефти и газа стали использоваться герметизированные системы сбора нефти и газа, разработанные Ф.Г. Бароняном и С.А. Везириным.

В основу данной схемы лег совместный сбор и транспорт продукции всех нефтяных скважин до промыслового сборного пункта под давлением около 5 МПа. Давления было достаточно для транспорта скважинной продукции до сборного пункта, на расстояние до 10 км.

В сравнении с отдельной системой сбора нефти и газа система Бароняна и Везиринова повысила эффективность использования энергии пласта, обеспечила централизацию сбора нефти и газа, что повысило степень автоматизации технологического процесса, уменьшив потери нефти и газа, а так же уменьшить металлоемкость.

Схема, предложенная Бароняном и Везириным включает в себя: скважины; нефтегазовый сепаратор,  $P = 0,5 - 0,6$  МПа; замерную установку; осушитель газа; сепаратор второй ступени,  $P = 0,1$  МПа; отстойники; резервуары; очистку воды; компрессоры; сепаратор.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Данная система сбора и транспорта нефти и газа имело следующие недостатки: сепарация нефти от газа осуществляется в одну ступень, что ведет к уменьшению объема отсепарированной нефти и ухудшает ее товарные качества по сравнению с многоступенчатой сепарацией; риск образования парафиновых пробок в трубах при добыче нефти с большим содержанием парафинов.

Дальнейшее развитие идея совместного сбора и транспорта скважинной продукции получила в высоконапорной однострубно́й системе сбора нефти и газа.

Высоконапорная однострубно́я система сбора нефти и газа состоит из скважин; нефтегазопровода; сепаратора первой ступени; сепаратор второй ступени; регулятора давления; резервуаров.

Особенность высоконапорной однострубно́й системы сбора нефти и газа – это совместный транспорт скважинной продукции на расстояние в несколько десятков километров за счет высоких устьевых давлений, которые достигали 6 – 7 МПа.

Высоконапорная однострубно́я система позволила перенести сепарацию нефти на центральные сборные пункты, а также исключить участковые сборные пункты.

Данные решения обеспечивают максимальную концентрация технологического оборудования, укрупнение и централизацию сборных пунктов, сокращают общую металлоемкость, используется естественная энергия пласта, что позволяет исключить строительство насосных и компрессорных станций на территории промысла, появляется возможность увеличить число ступеней сепарации и обеспечить утилизацию попутного нефтяного газа с самого начала разработки месторождений.

Внедрение высоконапорной однострубно́й системы сбора нефти и газа показал, что себестоимость нефти снизилась на 2,5 %, а газа — на 30 %.

Недостатком данной системы является наличие в нефтегазосборном трубопроводе существенных пульсаций давления и массового расхода

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

жидкости и газа в связи с высокой концентрацией газа в смеси (до 90 % по объему).

Данные пульсации ведут к нарушению устойчивости трубопроводов, вызывают их разрушение из-за большого числа циклов нагружения и разгрузки металла труб, отрицательно влияют на работу сепараторов и контрольно-измерительных приборов. Поэтому высоконапорную однотрубную систему сбора следует применять только на месторождениях с высоким пластовым давлением, жестко контролируя режимы перекачки продукции при малых потерях напора и малых пульсациях давления.

С целью укрупнения и централизации объектов сепарации скважинной продукции и подготовки нефти и газа к магистральному транспорту при небольшом пластовом давлении была разработана напорная система сбора нефти и газа.

Данная система обеспечивает транспорт нефти и газа до участковых сепарационных установок по одной трубе на расстояние до 7 км, а также транспортировку газонасыщенных нефтей в однофазном состоянии до ЦСП на расстояние до 100 км и более.

Напорной системой сбора нефти и газа предусматривается использование энергии пласта или напора, создаваемого глубинными насосами, для бескомпрессорного транспорта газа первой ступени сепарации на большие расстояния. Давление на устье скважин составляет от 1,0 до 1,6 МПа.

Скважинная продукция проходит групповые замерные установки, на которых происходит периодический замер дебитов скважин. Далее скважинная продукция подается в сепараторы первой ступени на участковых сепарационных пунктах. После этого при давлении от 0,5 до 0,6 МПа газ за счет давления в сепараторе направляется к потребителям, а нефть с оставшимся растворенным газом – на центральный сборный пункт.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

На центральном сборном пункте осуществляется окончательная сепарация нефти и газа, подготовка нефти к сдаче потребителю, переработка газа всех ступеней сепарации и подготовка сточных вод к закачке в пласт.

Принципиальная схема устройства напорной системы сбора нефти и газа состоит из: скважины; сепаратора первой ступени; регулятора давления типа «до себя»; газопровода; насоса; нефтепровода; сепаратора второй ступени; резервуара.

Напорная система сбора нефти и газа позволяет централизовать на ЦСП оборудование для подготовки нефти, газа и воды для нескольких промыслов в радиусе до 100 км. При этом используется более высокопроизводительное оборудование; исключается строительство на территории промысла компрессорных станций и газопроводов для транспортировки нефтяного газа низкого давления; увеличивается пропускная способность нефтепроводов.

Недостатком напорной системы сбора являются большие эксплуатационные расходы на совместный транспорт нефти и воды с месторождений до ЦСП, что ведет к увеличению энергозатрат и металлоемкости для сооружения системы обратного транспортирования очищенной пластовой воды до месторождений для закачки в систему поддержания пластового давления. В настоящее время применяются системы сбора без указанных недостатков.

Модернизированная система сбора нефти и газа отличается от традиционной напорной тем, что перед сепаратором первой ступени в поток поступает реагент-деэмульгатор, который разрушает водонефтяную эмульсию. Применение данного реагента обеспечивает отделение воды от продукции скважин на ДНС.

Расположение на центральном сборном пункте установки комплексной подготовки нефти перед сепаратором второй ступени обусловлено тем, что нефть, в которой содержится растворенный газ, имеет меньшую вязкость, поэтому обеспечивается более полное отделение воды от нее.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Также установка комплексной подготовки нефти может быть расположена ближе к скважинам. ДНС с размещенной на ней УКПН, и называется комплексным сборным пунктом (КСП). Данная схема применяется при большом числе скважин, подключенных к КСП.

## **2.4 Системы сбора скважинной продукции в Западной Сибири**

Месторождения Западной Сибири имеют следующие особенности:

1. Высокие темпы роста обводненности нефти;
2. Заболоченность территории;
3. Кустовой способ бурения скважин;
4. Невысокие давления на устьях скважин.

Поэтому на территории Западной Сибири наиболее целесообразно применение линейной напорной герметизированной системы сбора нефти и газа.

В соответствии с линейной напорной герметизированной системы сбора нефти и газа скважинная продукция поступает на ГЗУ, располагающуюся непосредственно на кусте скважин.

Чаще всего используется ГЗУ типа «Спутник–Б», измеряющая отдельно обводненную и необводненную нефть. После ГЗУ продукция скважин по общему коллектору подается на сборный пункт.

Сборные пункты нефти и газа делятся по функциям на: центральные сборные пункты (ЦСП), дожимные насосные станции (ДНС) и комплексные сборные пункты (КСП).

На ЦСП обеспечивается полный цикл обработки, включающий двух- или трехступенчатую сепарацию, обезвоживание и обессоливание. Нефтяной газ, отделяемый от нефти при сепарации, подается на газоперерабатывающий завод (ГПЗ), а пластовая вода, отделяемая на установке подготовки нефти, проходит очистку на очистных сооружениях и поступает в систему поддержания пластового давления.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

Дожимные насосные станции сообщают дополнительную энергию жидкой продукции скважин, чтобы подать ее на ЦСП тогда, когда расстояние от кустов скважин и ГЗУ устьевого давления недостаточно для транспортировки скважинной продукции.

На ДНС проходит первая ступень сепарации при давлении от 0,3 до 0,8 МПа. Данное давление обусловлено гидравлическими потерями при транспортировке, а также давлением в конце газопровода, в частности перед ГПЗ, для его нормальной работы.

После сепарации скважинная продукция поступает на прием насосов, а отделившийся нефтяной газ под собственным давлением – на ГПЗ.

Отличие комплексных сборных пунктов от ДНС заключается в том, что на них ведут не только первую ступень сепарации, но и обезвоживание нефти. В связи с высокой обводненностью продукции на одной площадке с ДНС или отдельно предусматриваются установки предварительного сброса воды, обеспечивая полную подготовку нефти в газонасыщенном состоянии.

В соответствии с современными проектами обустройства нефтяных месторождений реализуется принцип децентрализации системы сбора и подготовки воды.

В этом случае на территории месторождений оборудуются локальные пункты сбора продукции скважин (микро-ДНС) с кустов.

Микро-ДНС обеспечивает предварительное обезвоживание нефти; осушку попутного нефтяного газа; подготовку и закачку воды в нагнетательные скважины; утилизацию всех промышленных и дождевых стоков.

Транспортировка скважинной продукции до центральной ДНС производится в виде малообводненной нефти (содержание воды до 5 %), что уменьшает влияние коррозионных процессов в трубе. Газ под собственным давлением поступает на центральную ДНС, а далее – на ГПЗ. На ЦДНС выполняются следующие технологические операции: сепарация нефти и ее перекачка, осушка газа, а в зимнее время и отбензинивание.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

Организация закачки воды на микро-ДНС позволяет исключить внутривидовые водоводы.

## **2.5 Характеристика района расположения сети промышленных нефтепроводов**

Сеть промышленных нефтепроводов, рассматриваемая в данной работе, в административном отношении расположено в Нефтеюганском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области Российской Федерации. Данная сеть промышленных трубопроводов обеспечивает транспортировку скважинной продукции, добываемой на нефтяном месторождении (далее – Месторождение).

В геоморфологическом отношении территория строительства Месторождения находится на надпойменной террасе судоходной реки.

Рельеф участков равнинный, пологоволнистый, с общим уклоном поверхности в северо-западном направлении. Углы наклона поверхности не превышают 2°.

Крупные населенные пункты в непосредственной близости от Месторождения отсутствуют. Автомобильные дороги с твердым покрытием расположены в непосредственной близости от участков производства работ.

Территория строительства заболочена. Болота по типу питания относятся к верховым. В соответствии с СП 86.13330.2014 болота по проходимости относятся к II и III типу.

Нормативная глубина промерзания принята согласно СП 22.13330.2011: для насыпного грунта (песок мелкий) – 2,7 м, для суглинков от тугопластичной до текучепластичной консистенций – 2,2 м, для торфа сильноразложившегося, среднеразложившегося, – 0,9 м (по результатам многолетних наблюдений).

Географическое положение территории, на которой расположена сеть промышленных нефтепроводов, определяет ее климатические особенности.

					<i>Характеристика сетей промышленных</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Наиболее важными факторами формирования климата является перенос воздушных масс с запада и влияние континента. Взаимодействие двух противоположных факторов придает циркуляции атмосферы над территорией производства работ быструю смену циклонов и антициклонов, способствует частым изменениям погоды и сильным ветрам.

Кроме того, на формирование климата существенное влияние оказывает огражденность с запада Уральскими горами, незащищенность с севера и юга. Над территорией производства работ осуществляется меридиональная циркуляция, вследствие которой периодически происходит смена холодных и теплых масс, что вызывает резкие перепады от тепла к холоду.

Климат данного района резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха – минус 3,4°C, среднемесячная температура воздуха наиболее холодного месяца января – минус 22°C, а самого жаркого июля плюс 16,9°C. Абсолютный минимум температуры – минус 55°C, абсолютный максимум плюс 34°C. Продолжительность безморозного периода 91 день.

Из неблагоприятных инженерно-геологических процессов выявлены следующие неблагоприятные факторы, осложняющие строительство:

- морозное пучение, согласно СП 116.13330.2012 по степени опасности морозного пучения территория относится к «весьма опасным»;
- заболачивание территории;
- землетрясения, согласно СП 116.13330.2012 по степени опасности землетрясения территория относится к «умеренно опасным»;
- подтопление территории – весьма опасные (площадная пораженность территории 75-100%).

## **2.6 Характеристика сети промысловых нефтепроводов**

Принятые проектные решения соответствуют национальным стандартам и сводам правил (частям таких стандартов и сводов правил), утвержденным Правительством Российской Федерации, перечисленным в документе

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

«Распоряжение Правительства РФ № 1521» от 26.12.2014 г., в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (№ 384-ФЗ).

Класс и категория участков промысловых трубопроводов определяются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55990-2014 и СП 34-116-97.

Рассматриваемые промысловые трубопроводы будут соединять разрабатываемые кусты Месторождения с существующей сетью промысловых нефтепроводов. Промысловые трубопроводы от новых кустов относятся к III классу (условный диаметр до 300 мм) в соответствии с ГОСТ Р 55990-2014 и СП 34-116-97.

В зависимости от назначения, в соответствии с таблицей 3 ГОСТ Р 55990-2014, проектируемые нефтегазосборные трубопроводы отнесены к категории Н (Н1) – «нормальная» (согласно таблице 7 СП 34-116-97 – III категория), так как большая часть трассы нефтегазосборных трубопроводов проходит по болоту II типа, проектируемые трубопроводы отнесен к категории С («средняя»).

В зависимости от характера транспортируемой среды в соответствии с ВСН 51-3-85/ВСН 2.38-85 проектируемые трубопроводы отнесены к I группе.

Началом трасс рассматриваемых нефтепроводов сетей являются узлы запорной арматуры, расположенные на выходе с новых кустовых площадок Месторождения, окончанием трасс являются узлы запорной арматуры расположенные на ранее построенном нефтепроводе.

Участки нефтепроводов в зависимости от их характеристик (условий прохождения трассы) и категории транспортируемого продукта согласно требованиями таблицы 4 ГОСТ Р 55990-2014 отнесены к следующим категориям:

– пересечения с проектируемыми коммуникациями в пределах 20 м по обе стороны пересекаемой коммуникациями - категория С («средняя»);

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

– узлы запорной арматуры, включая участки по 250 м, примыкающие к ним - категория С («средняя»);

– пересечение с автодорогой, включая участки по 25 м по обе стороны от подошвы насыпи или бровки выемки земляного полотна – категория С («средняя»);

– пересечения с ВЛ, включая участки длиной не менее 1000 м в обе стороны от пересечения, согласно п. 2.5.290 ПУЭ-7 отнесены ко II категории, что соответствует категории С («средняя») по ГОСТ Р 55990-2014;

– переход через болото II типа – категория С («средняя»).

Рассматриваемая сеть промысловых нефтепроводов соединяет в одну систему существующие, строящиеся и проектируемые кустовые площадки, а также ПТВО Месторождения: от кустов отходят трубы малого диаметра, данные трубы врезаются в трубы большего диаметра, которые обеспечивают транспорт собранной с кустов скважинной продукции к ПТВО.

					<i>Характеристика сетей промысловых</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

#### 4 Социальная ответственность

Социальная ответственность – ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [1].

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в значительной степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Одинаковые по тяжести изменения в организме человека могут быть вызваны различными причинами. Это могут быть какие-либо факторы производственной среды, чрезмерная физическая и умственная нагрузка, нервно-эмоциональное напряжение, а также разное сочетание этих причин.

Во время своей трудовой деятельности человек подвергается воздействию вредных производственных факторов, специфика и количество которых зависит от характера труда. Для предупреждения ухудшения здоровья работника от такого неблагоприятного воздействия на каждом конкретном предприятии или учреждении предусмотрен ряд мер по обеспечению безопасности и экологической составляющей трудовой деятельности.

При проведении работ по капитальному строительству на линейной части промысловых трубопроводов, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера необходимо большое внимание уделять производственной и экологической безопасности.

Рассматриваемая сеть промысловых нефтепроводов расположена в районе с экстремальными природными условиями. В основном, это наличие низких температур (от минус 55°С зимой и до плюс 34°С летом).

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Филимоненко			<b>Социальная ответственность</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Зарубин А.Г					59	19
<i>Консульт.</i>		Маланова Н.В.				<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		
<i>Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						

При эксплуатации рассматриваемые промышленные нефтепроводы чаще всего находятся в мерзлых грунтах, в остальное же время – в слабонесущих грунтах (оттаивающие, замерзающие, обводненные), что приводит к появлению нестабильных напряженно-деформированных состояний в теле трубы, что в свою очередь может являться причиной возникновения аварийных ситуаций. Большая часть нефтепроводов проложена в подземном исполнении, также есть пересечения с реками и болотами, поэтому аварии на промышленных нефтепроводах неизбежно влияют на экологическое состояние окружающей среды.

#### **4.1 Производственная безопасность**

В таблице 7 приведены основные вредные и опасные факторы, которые присутствуют на рассматриваемой сети промышленных нефтепроводов, и те, которые могут возникнуть в силу различных обстоятельств, связанных с нарушением техники безопасности и с отклонением совершаемых действий рабочих и лиц, ответственных за проведение работ повышенной опасности от нормативно-технической документации, предусматривающей безопасное проведение тех или иных видов работ, требующих серьезного внимания, большого опыта и знания правил охраны труда и промышленной безопасности.

Таблица 7 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Снятие плодородного слоя почвы, перемещение его во временный отвал и планировка трассы в зоне действия работ по капитальному строительству	1.Превышение уровня шума	1.Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 30691-2001 [2] ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ [3]
Разработка траншеи;	2.Отклонение показателей климата на открытом воздухе	2.Обрушение стенок траншеи	ГОСТ 29335-92 [5] ГОСТ 12.1.005-88 [6]
Производство сварочных работ;	3.Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	3.Высокое давление нефтепровода	ГОСТ 12.2.062-81 [7] СНиП 3.05.05-84 [8]
Применение сканера-дефектоскопа для определения качества сварных соединений;	4. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу	4.Взрывопожароопасность	ВСН 51-1-97 [9] ПБ 03-576-03 [10]
Нанесение грунтовки, работы по изоляции нефтепровода с помощью термоусаживающихся манжет;		5. Опасные факторы при сварочно-монтажных работах	ГОСТ 55990-2014 [11] СНиП 21-01-97 [12]
Работы по испытанию сваренного в плетть трубопровода;			ГОСТ Р 12.1.019-2009 [13] ГОСТ 12.1.004-91 [14]
Укладка и засыпка нефтепровода;			
Техническая рекультивация плодородного слоя почвы			

#### 4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

##### *Превышение уровня шума*

Превышение уровня шума при подготовке места проведения работ, возникает в результате работы специальной техники (бульдозера, экскаватора), а также при различных ударах, колебаниях отдельных деталей или оборудования при этом шум сохраняется на всем протяжении их деятельности. Шум является общебиологическим раздражителем, оказывая влияние не только на слух, но, в первую очередь, на структуру головного мозга, вызывая сдвиги в различных функциональных системах организма.

Полевой этап работы связан с постоянными передвижениями,

перемещением и переноской значительных тяжестей и требует больших физических усилий, поэтому относится к тяжелой категории работ. Следовательно, в таблице 8 по ГОСТ 30691-2001 [2] допустимый уровень шума в рабочей зоне не должен превышать 65-75 дБ.

Наиболее эффективным средством борьбы с шумом является борьба с источником его возникновения. Для уменьшения шума необходимо своевременно проводить ремонт оборудования, заменять ударные процессы на безударные, шире использовать принудительное смазывание трущихся поверхностей, применять балансировку вращающихся частей, а также вести работы с применением средств индивидуальной защиты (наушники и др.).

Таблица 8 – Допустимые уровни шума, дБ, на рабочем месте [3]

Категория работ по тяжести труда	Уровни шума, дБ, для степени напряженности труда			
	Легкая	Средняя	1 степень напряженности	2 степень напряженности
Легкая и средняя	80	80	60	50
Тяжелая	65	75	-	-

Основные мероприятия для борьбы с шумом [3]:

- понижение шума в источнике (применение звукоизолирующих средств);
- понижение шума на пути распространения звука;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;
- соблюдение режима труда и отдыха;
- использование средств автоматизации для управления технологическими процессами.

*Отклонение показателей климата рабочей зоны*

В условиях воздействия низких температур может происходить переохлаждение организма за счет увеличения теплоотдачи. При низкой температуре окружающего воздуха резко увеличиваются потери тепла путем конвекции, излучения.

Особенно опасно сочетание низкой температуры с высокой влажностью и высокой скоростью движения воздуха, так как при этом значительно воз-растают потери тепла конвекцией и испарением.

При воздействии холода изменения возникают не только непосредственно в области, воздействия, но также и на отдаленных участках тела. Это обусловлено местными и общими рефлекторными реакциями на охлаждение. Например, при охлаждении ног, наблюдается снижение температуры слизистой оболочки носа, глотки, что приводит к снижению местного иммунитета и возникновению насморка, кашля и т.д. Другим примером рефлекторной реакции является спазм сосудов почек при охлаждении организма. Длительное охлаждение ведет к расстройствам кровообращения, снижению иммунитета. При сильном воздействии холода может происходить общее переохлаждение организма.

Температуры окружающей среды, при которых запрещается ведение каких-либо работ устанавливаются локальными правовыми актами в соответствии с климатом района производства работ.

Таблица 9 – Работы на открытом воздухе приостанавливаются при погодных условиях (Постановление от 11.02.2011 г. №29а) [4]

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	-36
Не более 5,0	-35
5,1-10,0	-34
10,0-15	-32

Так же при температуре 10 °С и ниже лицам, работающим на открытом воздухе и в закрытых необогреваемых помещениях, должны предоставляться перерывы для обогрева в специально отведенных помещениях, оборудованных в соответствии с санитарными нормами и правилами.

Количество и продолжительность перерывов устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка. Перерывы для обогрева

включаются в рабочее время. Прекращение работ оформляется локальным нормативным актом работодателя.

Работники, занятые на работах по капитальному строительству нефтепроводов должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и другими средствами защиты, согласно Типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи одежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты. Порядок выдачи и пользования средствами индивидуальной защиты определяется Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими СИЗ ГОСТ 29335-92 [5].

Применяемые спецодежда, спецобувь и другие СИЗ, должны иметь сертификаты соответствия.

Работники не должны допускаться к работе без положенной по нормативам спецодежды и СИЗ, во время работы должны их правильно применять.

#### *Повышенная запыленность рабочей зоны*

Повышенная запыленность рабочей зоны возникает в результате работ, направленных на очистку поверхности трубопровода в околошовных зонах от шлака и других включений, а загазованность – в результате выхлопа спецтехники.

В запыленном воздухе дыхание становится затрудненным, насыщение крови кислородом ухудшается, что предрасполагает к легочным заболеваниям. Продолжительное действие пыли на органы дыхания может привести к профессиональному заболеванию – пневмокониозу. Основанием для проведения мер борьбы с пылью является гигиеническое нормирование. Установленный перечень ПДК фиброгенной пыли в воздухе рабочих помещений приведен в ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.) [6]. ПДК фиброгенной пыли в зависимости от процентного содержания диоксида кремния составляет 1 и 2 мг/м<sup>3</sup>. Для других видов пыли ПДК от 2 до 10 мг/м<sup>3</sup>.

					<b>Социальная ответственность</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Предельно допустимая среднесуточная концентрация пыли в воздухе не должна превышать 0,15 мг/м<sup>3</sup>, а максимально разовая – 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

В целях защиты органов дыхания необходимо использовать СИЗ (противогаз, респиратор), при их отсутствии можно применить марлевую повязку, предварительно смочив ее.

#### *Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу*

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу (метанола) напрямую связана с нарушением технологии его закачки в полость нефтегазопровода, что приводит к образованию в рабочей зоне взрывоопасной смеси (температура вспышки 15,6°С).

При попадании на кожу и в органы дыхания (при испарении) метанол вызывает ожог и раздражение, при попадании в пищевод в небольшом объеме 5 – 10 мл вызывает сильное отравление, а 30 граммов и более – летальный исход. Такие симптомы как: головная боль, слабость, недомогание, озноб, тошнота, рвота характеризуют легкую форму отравления. Поэтому опасность для жизни несет как чистый метанол, так и жидкости, в состав которых входит данное вещество даже в очень небольшом процентном соотношении.

Антидотом при отравлении метанолом является внутривенное капельное введение 10 % раствора этанола, или же пероральный прием 30 – 40% раствора из расчета 1 – 2 грамма на 1 кг массы тела в сутки. В этом случае происходит переключение алкогольдегидрогеназы I на окисление экзогенного этанола.

При работе с метанолом, при его транспортировке и хранении должны быть предусмотрены средства индивидуальной защиты (СИЗ), представленные защитными очками, резиновыми перчатками, спецодеждой и обувью согласно типовым отраслевым нормам. Так же используются фильтрующие маски ППМ и ШМП и противогазы марок А, М при концентрациях паров выше ПДК.

					<b>Социальная ответственность</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Для удаления разлитого метанола с поверхности применяют сухие опилки, в последствие сжигаемые в специально отведенном месте, остаток впитавшегося метанола промывают струей холодной воды. В целях защиты окружающей среды от протечек метанола должно быть использовано технологическое оборудование, обеспечивающее полную герметизацию.

#### **4.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

##### *Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования*

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования как опасный фактор, возникает в процессе проведения подготовительных работ. Опасный фактор возникает за счет нахождения рабочего персонала вблизи работающих машин и механизмов (бульдозеры, экскаваторы). Основная задача машин и механизмов направлена на организацию свободного подхода и подъезда к месту проведения огневых работ, а именно на удаление мешающих предметов, взрывоопасных, пожароопасных и вредных веществ. В соответствии с нарядом-допуском и плана организации проведения работ эксплуатационным персоналом филиала осуществляется подготовка технологического объекта к проведению огневых работ.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [7] ограждения необходимо выполнять в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. При устройстве ограждений обязательно соблюдение определенных требований. Запрещена работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку пусковых и тормозных устройств; проверку состояния оборудования и

своевременное устранение дефектов.

### *Обрушение стенок траншеи*

Обрушение стенок траншеи при проведении земляных работ по разработке траншеи напрямую связано с величиной угла откоса траншеи, зависящей от типа грунта и коэффициента влажности. Поэтому опасностью для рабочего персонала является возможность получения травм от обрушения грунта. Согласно СНиП 3.05.05-84 [8] эти работы относятся к разряду работ повышенной опасности. Данной инструкцией, предусматривается ряд правил, для безопасного проведения земляных работ, а значит защиты персонала от травматизма.

При отсутствии возможности работы грузоподъемных механизмов из-за обрушения стенок траншеи, вследствие подтопления ее грунтовыми водами, необходимо дополнительное изменение углов наклона стенок котлована, а также укрепление их деревянными (по возможности металлическими) сваями. Данные работы производит рабочий персонал, в соответствии с утвержденным проектом, при этом высота выступающих концов крепления должна быть не менее 15 см согласно ВСН 51-1-97 [9].

Перед началом проведения работ в траншее (котловане), глубиной более 1,3 м, проверяется надежность откосов и креплений стен, а также их устойчивость. Количество лестниц в траншее (котловане) составляет 2 штуки на 5 человек, а в рабочих же котлованах повышенной опасности устанавливается 4 лестницы. Все используемые лестницы должны иметь инвентарный номер, дату следующих испытаний. Проверка надежности применяемых лестниц проводится: 1 раз в полугодие – для деревянных, 1 раз в год – для металлических.

### *Высокое давление промышленного нефтепровода*

Высокое давление нефтепровода при выполнении сварочно-монтажных работ обусловлено проведением испытаний на прочность и герметичность

					<b>Социальная ответственность</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

трубопровода. Высокое давление может вызвать разрыв трубы, повреждение технологического оборудования, а также нанести травмы персоналу

Таким образом, для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации нефтепроводы в зависимости от назначения в соответствии с ПБ 03-576-03 [10] и ГОСТ 55990-2014 [11] должны быть оснащены:

- запорной или запорно-регулирующей арматурой;
- приборами для измерения давления;
- приборами для измерения температуры;
- предохранительными устройствами;

#### *Взрывопожароопасность*

Взрывопожароопасность, как опасный фактор, представляет серьезную угрозу для жизни и здоровья работников и сотрудников на рассматриваемых нами площадках проведения работ.

Взрывопожароопасность возникает в результате превышения допустимой концентрации газа в воздухе рабочей зоны. Опасными факторами пожара является повышенная температура оборудования и окружающей среды, токсичные продукты горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода в воздухе рабочей зоны.

Эти факторы приводят к отравлениям, ухудшению работы органов дыхания, к травмированию работающих.

Поэтому на всем протяжении работ по капитальному строительству нефтепровода для контроля состояния газовой среды в рабочей зоне, а также для обеспечения связи с руководителем огневых работ и техническим персоналом, назначается ответственное лицо в роли дежурного наблюдателя. В его обязанности входит немедленная подача сигнала о срочной остановке работ в случае предаварийной ситуации или иной опасности (выход из строя технологического оборудования, приборов, систем вентиляционных шахт, аварийных сигнализаций, СИЗ, повышения или снижения рабочего давления

или температуры, утечки газа и т.д.). Любой специалист или рабочий из персонала при обнаружении несоответствий с требованиями действующей типовой инструкции, а также при несоблюдении мер безопасности, указанных в наряде-допуске, что может привести к возникновению опасной ситуации, имеет право и обязан немедленно прекратить выполнение огневых работ согласно СНиП 21-01-97 [12].

#### *Опасные факторы при сварочно-монтажных работах*

При производстве сварочно-монтажных работ существуют опасные факторы, которые воздействуют на сварщика: поражение глаз и открытой поверхности кожи лучами сварочной дуги; поражение электрическим током, при прикосновении человека к токовыводящим частям электрической цепи; взрыв в результате проведения сварки вблизи взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ; ожоги от брызг металла при резке и сварке металла; травмы механического характера.

Электрический ток может оказывать следующие виды воздействий на организм человека:

- термическое;
- электролитическое;
- биологическое.

При термическом действии тока на теле появляются ожоги разных форм, происходит нарушение функциональности внутренних органов и перегревание кровеносных сосудов.

При электролитическом действии происходит расщепление крови и другой органической жидкости в тканях организма, что в свою очередь вызывает существенные изменения ее физико-химического состава.

При биологическом действии нарушается нормальная работа мышечной системы. Появляются произвольные судорожные сокращения мышц, данное влияние опасно для органов дыхания и кровообращения, таких как легкие и сердце, оно может привести к нарушению их нормальной работы, в том числе и к полному прекращению их функциональности.

Все применяемые электроинструменты и электрооборудование должны быть заземлены.

Работа с электроинструментом запрещается при: появлении дыма; повреждении кабеля; плохо работающем выключателе; повышении вибрации, стука, шума; появлении трещины в защитном экране, корпусе.

К основным способам и средствам электрозащиты относятся: изоляция частей проводящих ток; предупредительная сигнализация и блокировки; установка оградительных устройств; применение не больших напряжений; использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности; средства индивидуальной электрозащиты; защитное заземление; защитное отключение.

Электробезопасность труда и оборудования регламентируется ГОСТ Р 12.1.019-2009 [13].

К проведению электросварочных работ допускаются электросварщики, прошедшие установленную аттестацию и имеющие соответствующие разрешающие удостоверения. Огневые, газоопасные и другие работы повышенной опасности выполняются только с оформлением наряда-допуска.

Для защиты от брызг расплавленного металла и излучения сварочной дуги, сварщик обязан носить спецобувь и спецодежду, а лицо и глаза закрывать специальным щитком или маской со светофильтром.

Электросварщику необходимо работать в диэлектрических перчатках на резиновом коврике. На рабочем месте должны быть индивидуальные средства пожаротушения и индивидуальные аптечки. Для тушения электроустановок необходимо применять углекислотные огнетушители.

#### **4.2 Экологическая безопасность**

Разливы скважинной продукции, происходящие в случаях разгерметизации промысловых нефтегазопроводов, приводят к нарушению плодородного слоя почвы, а также возможно негативное влияние на состояние рек и болот, пересекаемых трубопроводами, что напрямую воздействует на

экологическую безопасность. Основные вредные и опасные воздействия при проведении работ по капитальному строительству нефтепровода приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при строительстве промышленного нефтепровода

Природные ресурсы и компоненты ОС	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Атмосферный воздух	Загрязнение атмосферного воздуха углеводородами, оксидами азота, углерода (сажа), серой.	Контроль за выхлопными газами техники. Запрет сжигания отходов. Применение экологически чистых технологий
Земля и земельные ресурсы	Уничтожение и повреждение почвенного слоя, сельхозугодий и других земель	Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Рекультивация земель
	Загрязнение почвы метанолом, химреагентами и др.	Сооружение поддонов, отсыпка площадок для стоянки техники. Вывоз, уничтожение и захоронение остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли и т.д.
	Засорение почвы производственными отходами	Вывоз и захоронение производственных отходов
	Создание выемок и неровностей, усиление эрозионной опасности. Уничтожение растительности	Засыпка выемок, горных выработок
Лес и лесные ресурсы	Уничтожение, повреждение и загрязнение почвенного покрова	Мероприятия по охране почв
	Лесные пожары	Уборка и уничтожение порубочных остатков и другие меры ухода за лесосекой
	Оставление недорубов, захламление лесосек	Оборудование пожароопасных объектов, создание минерализованных полос, использование вырубленной древесины
	Порубка древостоя при Подготовительных работах	Попенная плата, соблюдение нормативов отвода земель в залесенных территориях
Вода и водные ресурсы	Загрязнение сточными водами и мусором (метанолом, минеральными водами и рассолами и др.)	Отвод, складирование и обезвреживание сточных вод, уничтожение мусора; сооружение водоотводов, накопителей, отстойников, уничтожение мусора

В связи с развитием современных технологий в нефтегазовой отрасли,

на сегодняшний момент уже существует множество технологий позволяющих с минимальным риском для окружающей среды проводить большинство видов работ на нефтегазопроводах.

По окончании работ приказом исполнителя организации и производителя работ формируется комиссия для осмотра земель при участии заинтересованных сторон.

Рекультивация земель выполняется поэтапно: технический этап, а затем, при необходимости, биологический.

Технический этап заключается в планировании, формировании откосов, снятии и нанесении плодородных слоев почв, устройстве гидротехнических и мелиоративных сооружений. Данный этап так же характеризуется проведением работ, направленных на создание необходимых условий для дальнейшего использования восстанавливаемых земель по их назначению. Биологический этап проводится с целью восстановления плодородия почв.

Особенностью биологического этапа является осуществление его уже сразу после технического, а главная цель – подготовка почвы: закрепление верхнего слоя почвы за счет корневой системы растений, а также в создании густого травостоя, что предупредит развитие как водной, так и ветровой эрозии на нарушенном почвенно-растительном покрове.

Этапы рекультивации в зависимости от площади нарушения почвенно-растительного покрова классифицируются следующим образом:

1-ая степень – растительно-почвенный покров уничтожен на 100%;

2-ая степень – растительность уничтожена на 100%, при этом земельный слой уцелел на 50% площади;

3-ая степень – растительный покров уничтожен на 50–80% площади, почвенный слой сохранен 100%;

4-ая степень – растительный покров уничтожен на 20–50% площади, почвенный слой сохранен 100%;

5-ая степень – растительность уничтожена менее 20% от всей площади, почвенный слой сохранен 100%.

При выборе методов работ, направленных на восстановление почв, необходимо брать во внимание присутствие в основном 3 и 4 типов нарушенности почвенно-растительного покрова на рекультивируемом участке трассы.

Согласно зональной системе земледелия субъектов РФ выбираются виды посевных трав и их допустимые сочетания. Замену поврежденного или уничтоженного растительного покрова следует проводить аналогичными видами местных трав, приспособленных к почвенно-климатическим условиям данного региона.

### 4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одной из наиболее частых аварий при работе с горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями являются взрывы. При взрыве выделяют зоны полных, сильных, средних и слабых разрушений, которые соответствуют величине избыточного давления ударной волны 50, 30, 20 и 10 кПа соответственно (рисунок 1).

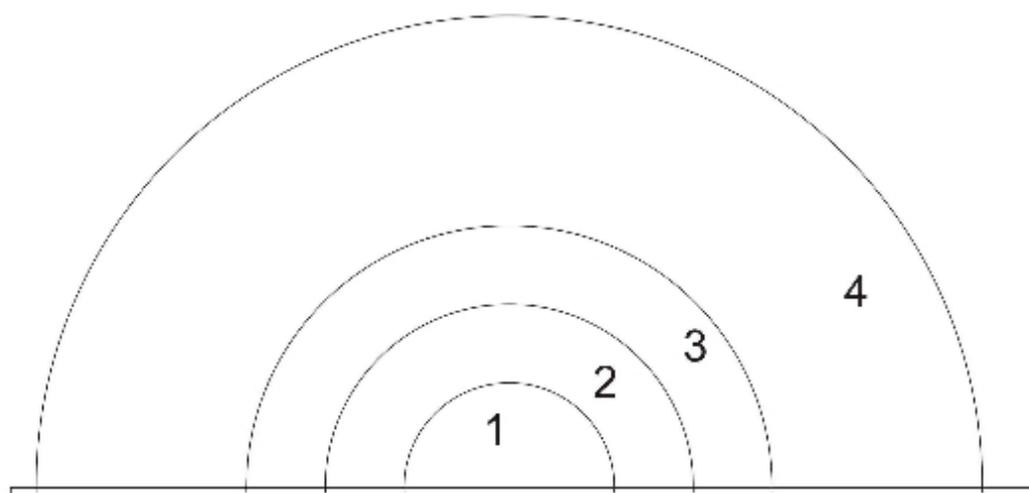


Рисунок 2 – Схема взрыва: 1 – зона полных разрушений; 2 – зона сильных разрушений; 3 – зона средних разрушений; 4 – зона слабых разрушений

Для обеспечения пожаровзрывобезопасности производств в ГОСТ 12.1.004-91 [14] был введён новый критерий – ПДВК (предельно

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

допустимая взрывобезопасная концентрация), обеспечивающий на каждом рабочем месте безопасность ( $10^{-6}$ ):

$$\text{ПДVK} = \frac{C_{нт}}{K''_{б.э}}$$

где  $K''_{б.э}$  – коэффициент безопасности к нижнему концентрационному пределу воспламенения.

$$C_{нт} = C_{н}(1,020 - 0,000799t)$$

где  $C_{н}$  – нижний концентрационный предел воспламенения газа или пара в воздухе при атмосферном давлении и температуре 25°C, % об;  $t$  – температура пара или газа, °C.

Взрыв от горения отличается ещё большей скоростью распространения огня. Так, скорость распространения пламени во взрывчатой смеси, находящейся в закрытой трубе, 2000 – 3000 м/с. Сгорание смеси с такой скоростью называется детонацией. Возникновение детонации объясняется сжатием, нагревом и движением несгоревшей смеси перед фронтом пламени, что приводит к ускорению распространения пламени и возникновению в смеси ударной волны. Образующиеся при взрыве газовойоздушной смеси воздушные ударные волны обладают большим запасом энергии и распространяются на значительные расстояния. Оценка опасности воздушных ударных волн для людей и различных сооружений производится по двум основным параметрам – давлению во фронте ударной волны и сжатию. Под фазой сжатия понимается время действия избыточного давления в волне.

Все работы, связанные с взрывоопасными и взрывопожароопасными объектами проводятся в дневное время, исключение составляют аварийные ситуации.

Руководителем проведения работ определяются средства индивидуальной защиты для каждого из членов рабочего персонала (противогазы, спасательные пояса и т.д.). На него возлагается ответственность по обеспечению средствами пожаротушения (огнетушителем, ящиком с песком и лопатой, ведром с водой) места работ, а также по назначению

ответственного за непрерывный контроль параметров газовой среды, что отражается в виде подписи руководителя объекта в наряде-допуске.

#### **4.4 Правовые и организационные вопросы в обеспечении безопасности**

Компании, которые занимаются добычей, транспортировкой и переработкой углеводородного сырья обязаны обеспечивать своих работников всеми материальными и социальными благами [15].

В соответствии со статьей «Право работника на труд в условиях, отвечающих требованиям охраны труда» работник имеет право на:

- рабочее место;
- своевременную оплату;
- социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда;
- отказ от выполнения работ в случае опасности для жизни;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты;
- обучение за счет работодателя;
- медицинский осмотр и т.д;

Месторождение, на котором осуществляется сбор скважинной продукции по рассматриваемой сети промысловых нефтепроводов, расположено в северной части страны. Метод работы персонала – вахтовый. Персонал работает в 1 смену по 8 часов в сутки. Работники, которые трудятся в условиях Крайнего Севера, имеют дополнительные льготы в соответствии с [16].

Одной из основных льгот, предоставляемых данной категории работников, является районный коэффициент. Согласно ст. 315 ТК РФ [15] оплата труда в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях

осуществляется с применением районных коэффициентов и процентных надбавок к заработной плате.

Кроме того, коэффициент начисляется на надбавки и доплаты к тарифным ставкам (должностным окладам) и компенсационные выплаты, связанные с режимом работы и условиями труда, к которым относятся надбавки [15]:

- за классность, звание по профессии, непрерывный стаж работы по специальности и т.д.;
- должностным лицам и гражданам, допущенным к государственной тайне;
- за выслугу лет (непрерывную работу), а также вознаграждение за выслугу лет, выплачиваемое ежеквартально или единовременно;
- по итогам работы за год;
- за условия труда при работе в ночное время, сменную работу, за совмещение профессий (должностей).

При этом в состав заработка, на который начисляется районный коэффициент, не включаются: процентные надбавки к заработной плате за работу в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, а также в южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока; все виды выплат по среднему заработку (отпускные, оплата обучения работников, направленных на профессиональную подготовку, повышение квалификации или обучение вторым профессиям, и др.); материальная помощь; единовременные поощрительные выплаты, не предусмотренные системой оплаты труда организации.

Жителям северных районов также должна выплачиваться процентная надбавка к заработной плате. В отличие от районного коэффициента при выплате надбавок необходимо учитывать стаж работы в данных районах или местностях. Размер процентной надбавки и порядок ее выплаты (как и районный коэффициент) устанавливаются Правительством РФ (ст. 317 ТК РФ, ст. 11 Закона № 4520-1) [15].

Статья 116 ТК РФ устанавливает жителям северных районов ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска. При этом работодатели с учетом своих производственных и финансовых возможностей могут самостоятельно устанавливать для работников дополнительные отпуска, порядок и условия предоставления которых определяются коллективными договорами или локальными нормативными актами, которые принимаются с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации.

Кроме своих работников, добывающие организации точно так же, обязаны следить за негативным влиянием их деятельности на окружающую среду, и защищать население от чрезвычайных ситуаций в соответствии с [16].

Согласно [16] комплекс мероприятий по защите населения включает:

- оповещение населения об опасности, его информирование о порядке действий в сложившихся чрезвычайных условиях;
- эвакуационные мероприятия;
- меры по инженерной защите населения;
- меры радиационной и химической защиты;
- медицинские мероприятия;
- подготовку населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций.

Промысловые нефтегазопроводы относятся к опасным производственным объектам, поэтому организации, занимающиеся их эксплуатацией, подчиняются ФЗ от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ [17].

## Заклучение

В ходе работы были рассмотрены и проанализированы существующие методы гидравлического расчета сети промысловых нефтепроводов.

Проведен гидравлический расчет сети промысловых нефтепроводов двумя методами: с помощью компьютерного комплекса Pipisim и традиционным методом. Результаты расчетов позволяют сделать выводы о корректности проведенных расчетов: разность между двумя полученными значениями падения давления в рассматриваемых трубопроводах составляет не более 0,05 МПа (около 4 % от максимального давления в сети).

Методы, используемые при проведении гидравлических расчетов, согласно полученным результатам можно считать оптимальными. С помощью данных методов были подобраны оптимальные диаметры трубопроводов для подключения новых кустовых площадок, обеспечивающие нормальную работу всей сети в целом.

Из результатов работы следует, что методы гидравлического расчета традиционным способом и с помощью компьютерного комплекса Pipesim являются взаимозаменяемыми, что позволяет применять при проектировании новых объектов тот метод, который наиболее эффективен и целесообразен для конкретной задачи.

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Филимоненко			<b>Заклучение</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Зарубин А.Г.					93	2
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.						
					<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>			

## Список использованной литературы

1. Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Математическое моделирование трубопроводных сетей систем каналов: методы, модели и алгоритмы // Под ред. В.Е. Селезнева. – М.: МАКС Пресс, 2007. – 695 с.;
2. Чухарева Н.В., Рудаченко А.В., Бархатов А.Ф., Федин Д.В. Транспорт скважинной продукции: учебное пособие // Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 357 с.;
3. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1982. – 224 с.;
4. Байков И.Р., Жданова Т.Г., Гареев Э.А. Моделирование технологических процессов трубопроводного транспорта нефти и газа. – Уфа: УНИ, 1994. – 128 с.
5. Коршак А.А., Нечваль А.М. Трубопроводный транспорт нефти, нефтепродуктов и газа: Учебное пособие. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. – 516 с.
6. Бабаев С.Г. Надёжность нефтепромыслового оборудования / С.Г. Бабаев. -М.: Недра, 1987. – 245 с.
7. ICCSR 26000:2011. Международный стандарт «Социальная ответственность организации». – Взамен CSR/KCO-2008; Введ. 03.03.2011.
8. ГОСТ 30691-2001. Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик. Введ. 30.06.2002. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 14 с.
9. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – Взамен ГОСТ 12.1.003-76; Введ. 30.06.1984 – М.: ИПК Издательство стандартов. – 12 с.

					<i>Исследование методов гидравлического расчета для сети промысловых нефтепроводов</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Филимоненко			<b>Список использованной литературы</b>		
<i>Руковод.</i>		Зарубин А.Г.					
<i>Консульт.</i>							
<i>Зав. Каф.</i>		Бурков П.В.					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
					94	2	
					<b>НИ ТПУ гр. 2БМ5Б</b>		

10. Постановление от 11 февраля 2011 года № 29а о работе на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях в холодное время года (с изменениями на 30 октября 2012 года).

11. ГОСТ 29335-92. Костюмы для защиты от пониженных температур. Технические условия. – Взамен ГОСТ 12.4.084-80; Введ. 01.01.1994. – 19 с.

12. ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01.01.89). – Взамен ГОСТ 12.1.005-76; Введ. 29.09.1988. – 49 с.

13. ГОСТ 12.2.062-81. Оборудование производственное. Ограждение защитное. – Введ. 30.06.1982 – М.: Стандратинформ. – 3 с.

14. СНиП 3.05.05-84. Строительные нормы и правила. – Введ. 07.05.1984. – 34 с.

15. ВСН 51-1-97. Правила производства работ при капитальном ремонте магистральных газопроводов. Введ. 01.05.1997 – М.: ИРЦ Газпром. – 96 с.

16. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. – Взамен ПБ 10-115-96; Введ. 11.06.2003. – 96 с.

17. ГОСТ 55990-2014. Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования. – Введ. 01.12.2014 – М.: Стандартиформ. – 90 с.

18. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Введ. 01.01.1998 – Москва. – 20 с.

19. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – Введ. 2009.12.10. – М.: Стандартиформ, 2010. – 28 с.

20. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1). – Взамен ГОСТ 12.1.004-85; Введ. 30.06.1992 – М.: Стандартиформ, 2006. – 64 с.

21. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ;

					<i>Список литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

22. Закон РФ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;

23. Закон РФ от 19.02.1993 N 4520-1 «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях»;

24. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

					<i>Список литературы</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96