

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование технологических решений остановки растепления при бурении скважин в вечномерзлых грунтах

УДК 622.245.545:551.345-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Кондратьев Дмитрий Алексеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ТПМ	Новосельцева М.В.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова И.С.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Невский Е.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Уровень образования: Бакалавриат

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения: весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.17
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
05.05.17	Теоретическая часть работы + анализ технологических решений	50
15.05.17	Разработка рекомендаций по применению методов решения проблемы растепления	40
30.05.17	Устранение недочетов в работе	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ТПМ	Новосельцева М.В.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5),

	аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8),

	оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

	создания системы менеджмента качества на предприятии.	
P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Кондратьеву Дмитрию Алексеевичу

Тема работы:

Исследование технологических решений остановки растепления при бурении скважин в
вечномерзлых грунтах

Утверждена приказом директора (дата, номер)

07.03.17, №2305/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.17

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

*(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.).*

Исследование технологических решений остановки
растепления при бурении скважин в вечномерзлых
грунтах

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области. 2. Анализ различных технологических решений проблемы растепления с последующей разработкой рекомендаций по их применению. 3. Финансовый менеджмент. 4. Социальная ответственность. 5. Выводы по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема системы охлаждения бурового раствора, схема термоизолирующего направления, схема скважинного влагоотделителя, чертеж системы ВЕТ.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Антонова И.С. доцент, к.э.н.
Социальная ответственность	Невский Е.С. ассистент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
—	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.17
--	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ТПМ	Новосельцева М.В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Кондратьев Дмитрий Алексеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 14 рис., 18 табл., 21 источников, 2 прил.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы; вечномерзлые породы; растепление грунта; льдистость; охлаждение; термостабилизация грунтов; криолитозона.

Объектом исследования является воздействие на многолетнемерзлые породы (растепление) в результате бурения.

Цель работы – исследование растепления грунтов и причин, вызывающих его, при бурении в условиях Крайнего Севера, анализ всех способов решения этой проблемы и их достоинств и недостатков.

Задачи:

- 1) Определение основных свойств многолетнемерзлых пород и особенностей строительства скважин в условиях Крайнего Севера;
- 2) Выявление основные проблемы, возникающих при строительстве и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах;
- 3) Анализ технологических решений проблемы растепления грунта и разработка рекомендации по их применению.

В процессе исследования проводился анализ различных технологических решений проблемы растепления многолетнемерзлых пород.

В результате исследования были разработаны рекомендаций по применению методов решения проблемы растепения при различных условиях бурения и эксплуатации скважины.

Область применения: скважины, эксплуатируемые в условиях Крайнего Севера.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработанные рекомендации позволят применять новые методы решения проблемы растепления, которые сократят затраты на обустройство кустовой площадки скважины.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы следующие сокращения:

ММП – многолетнемерзлые породы

ВЕТ – вертикальная естественно действующая трубчатая система

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение

НТП – низкотемпературные талые породы

БР – буровой раствор

СТС – сезонноталый слой

СМС – сезонномерзлый слой

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования

ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные

Оглавление

Введение.....	13
1. Обзор литературы	15
2. Бурение вечномерзлых грунтов – основные особенности и возникающие проблемы.....	18
2.1 Вечномерзлые породы – понятие и структура.....	18
2.2 Особенности строительства и эксплуатации скважин в условиях многолетней мерзлоты.....	25
2.3 Анализ проблем, появляющихся при бурении многолетнемерзлых пород.....	31
Выводы по главе и постановка задачи.....	36
3. Исследование существующих решений проблемы растепления грунта при бурении.....	37
3.1 Применение термоизолирующего направления обсадной трубы.....	37
3.2 Охлаждение пластовым газом	41
3.3 Низкотемпературные режимы промывки.....	44
3.4 Термостабилизатор на основе модуля Пельтье	46
3.5 Скважинные влагоотделители	50
3.6 Вертикальная естественно действующая трубчатая система.....	52
Результаты проведенного исследования.....	55
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	61
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	61
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	62
4.3 SWOT-анализ.....	64
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	68

4.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	70
4.6 Определение ресурсоэффективности проекта	82
5. Социальная ответственность	88
5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду	88
5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	89
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	91
5.4 Охрана окружающей среды	93
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	94
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	96
Заключение	97
Список использованных источников	98
Приложение А	101
Приложение Б	102

Введение

Значительная часть крупных нефтегазовых месторождений, обеспечивающих до 70–80 % добычи нефти в России, разрабатывается и эксплуатируется в условиях распространения вечной мерзлоты. Разработка месторождений в данных условиях приводит к повышению капитальных затрат, в связи с необходимостью предотвратить проблему растепления вечномерзлых пород. Техногенные процессы нефтегазового промысла (тепловыделение от зданий и сооружений, бурение скважин, добыча и транспорт горячей нефти и т.д.) постоянно оказывают тепловое воздействие на вечную мерзлоту, вызывая активное таяние льда. В оттаявшем состоянии ледяные породы практически полностью теряют свои прочностные свойства, что приводит к проседанию фундаментов оснований зданий и сооружений, деформации и разрушению нефтегазопроводов и скважин. Вследствие этого на месторождениях не редко происходят аварийные ситуации, приводящие к тяжелым экономическим и экологическим последствиям, сопровождающимися выбросами углеводородов в окружающую среду. По некоторым данным только в Западной Сибири ежегодно расходуется до 60 млрд. рублей на ремонт инфраструктуры, трубопроводов и скважин, поврежденных в результате растепления многолетнемерзлых грунтов. В основном проблему растепления решают путем увеличения расстояния между устьями скважин. В том случае, когда устья скважины расположены близко друг к другу, во время эксплуатации происходит быстрое растепление пород, окружающих скважину, что по итогу приводит к просадкам, обвалам, которые, в свою очередь, приводят к осложнениям и авариям в процессе бурения и эксплуатации скважин. К примеру, при образовании продольных каверн скважина может потерять свою продольную устойчивость и постепенно разрушаться. Вследствие этого устья месторождений нефти и газа, находящихся в условиях Крайнего Севера, обустраивают с достаточно большим расстоянием между ними. Например, на Ямбургском месторождении это расстояние составляет около 40 м. Увеличение расстояния между устьями приводит к непомерному

увеличению затрат на обустройство месторождения, в основном на отсыпку грунтов. Получается, такой способ невыгоден экономически. Поэтому актуальными становятся исследования по нахождению других способов решения проблемы растепления при бурении в условиях Крайнего Севера. **Целью** этой работы является исследование растепления грунтов и причин, вызывающих его, при бурении в условиях Крайнего Севера, анализ всех способов решения этой проблемы и их достоинств и недостатков.

Исходя из поставленной цели, сформулированы следующие **задачи**:

- 1) Определить основные свойства многолетнемерзлых пород и особенности строительства скважин в условиях Крайнего Севера;
- 2) Выявить основные проблемы, возникающие при строительстве и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах;
- 3) Проанализировать способы решения проблемы растепления грунта и разработать рекомендации по их применению.

Методы исследования: Изучение и сравнительный анализ способов предотвращения растепления грунта.

Объект исследования: Воздействие на многолетнемерзлые породы (растепление) в результате бурения.

Предметом исследования являются отечественная и зарубежная практика способов предотвращения растепления при бурении.

1. Обзор литературы

В России более 10,5 млн км² территории приурочено к зонам распространения многолетнемерзлых пород (61,4 %), причем на долю европейской части страны приходится менее 1 млн км². Именно эти российские территории являются наиболее перспективными для поисков, разведки и добычи углеводородного сырья.

Большая часть осложнений, возникающих при строительстве и эксплуатации скважин, является результатом реакций мерзлых пород на изменение их термического состояния. Аналогично при строительстве и эксплуатации наземных зданий и сооружений решающую роль в предупреждении осложнений имеет знание свойств мерзлых грунтов. В работе [1] автором были рассмотрены основные закономерности распространения ММП, их структура, свойства и состав.

Одним из основополагающих свойств мерзлых пород, влияющих на строительство и эксплуатацию скважины, является льдистость. Льдистость определяется отношением веса льда к весу сухой породы. В работе [2] автором подробно описывается влияние льдистости на работу скважины, а также последствия протаивания пород с избыточной и неизбыточной льдистостью.

Следует отметить, что строительство скважин в криолитозонах существенно осложняется: вследствие протаивания мерзлых пород не только деформируются и разрушаются наземные сооружения, но и теряет продольную устойчивость металлическая крепь скважины, получая наклон или волнообразный изгиб в связи с исчезновением контакта обсадных труб с устьем и стенками скважины; при обратном промерзании отмечаются смятия колонн. Все это приводит к разгерметизации скважинного сооружения, к появлению неуправляемых каналов прорыва углеводородного флюида из пласта на дневную поверхность и, как следствие, к отрицательным разрушающим последствиям. Эти и другие проблемы, возникающие при бурении скважин в вечномерзлых грунтах, были изучены автором в работе [3].

Наиболее актуальной проблемой при бурении скважин на Крайнем Севере является растепление околоскважинных грунтов. Техногенные процессы нефтегазового промысла (тепловыделение от зданий и сооружений, бурение скважин, добыча и транспорт горячей нефти и т.д.) постоянно оказывают тепловое воздействие на вечную мерзлоту, вызывая активное таяние льда. В оттаявшем состоянии ледяные породы практически полностью теряют свои прочностные свойства. Вследствие этого на месторождениях не редко происходят аварийные ситуации, приводящие к тяжелым экономическим и экологическим последствиям.

В работе [4] автором рассматривается применение термоизолирующего направления обсадной трубы (термокейс) как один из способов решения проблемы растепления. Термокейс представляет собой колонну, изготавливаемую из труб диаметром $\varnothing 530$ и 820 мм (возможно изготовление других размеров) по технологии “труба в трубе” с заливкой пространства между трубами специальным теплоизолирующим материалом-пенополиуретаном.

Для предотвращения протаивания мерзлых пород при бурении скважин в работе [5] автором предлагается использование низкотемпературного режима промывки. Устойчивый процесс регулирования температурного режима промывки в любое время года может быть обеспечен при использовании систем, оснащенных холодильными агрегатами.

В работе [6] автором предлагается способ предотвращения растепления мерзлых пород вокруг скважины с теплоизолированной лифтовой колонной. Способ включает добычу пластового газа из скважины и разделение его на два потока. Большой поток направляют в газопровод. Меньший поток после охлаждения направляют в трубообразные теплообменники-холодильники, размещенные в межколонном пространстве или в приствольном массиве мерзлых пород, и возвращают в газопровод под давлением, равным давлению пластового газа в точке разделения его на два потока.

Можно сделать вывод, что не для каждого месторождения подойдет любой из вышеперечисленных способов решения проблемы растепления. При подборе решения следует учитывать как технологические, так и природные факторы, которые могут повлиять на этот процесс.

2. Бурение вечномерзлых грунтов – основные особенности и возникающие проблемы

2.1 Вечномерзлые породы: понятие и структура

Мерзлыми породами, грунтами, почвами называются породы, грунты, почвы, имеющие температуру ниже 0°C или равную 0°C . В таких породах вода, как правило, находится в твердом состоянии. Поэтому главная особенность мерзлых пород – наличие в них льда. Лед в мерзлых породах может быть в разном виде: в виде отдельных кристаллов или их скоплений-гнезд; в виде закономерно залегающих горизонтальных, наклонных и вертикальных ледяных прослоев (*шилиров*) и линз различной толщины, расположенных на разном расстоянии друг от друга и образующих так называемую *криогенную текстуру*; в виде крупных залежей, имеющих форму жил или пластов. Однако, нередки случаи, когда в грунтах содержится так мало воды, что и при отрицательных температурах в них нет льда. В ряде других случаев, грунты, насыщенные солеными водами или рассолами, не замерзают при отрицательных температурах. Поэтому в литературе часто разделяют породы с отрицательной температурой на мерзлые породы, содержащие лед, и морозные, не содержащие лед. Среди морозных различают сухоморозные (без льда и гравитационной воды) и мокроморозные (с солеными водами). Тем не менее обычно употребляется термин мерзлые породы, объединяющий все выше перечисленные варианты. [1]

Горные породы могут находиться в мерзлом состоянии в течение разного по длительности времени. Выделяются три типа:

1. *Кратковременномерзлые породы*, существующие в течение часов или суток.
2. *Сезонномерзлые породы*, возникающие с наступлением зимы, исчезающие с наступлением лета.
3. *Многолетнеммерзлые (вечномерзлые) породы*, существующие без перерыва многие годы, века, тысячелетия.

В пространственном чередовании перечисленных типов мерзлых пород проявляется зональность. Первый тип мерзлых пород распространен в умеренных широтах и возникает чаще всего при ночных заморозках. Второй тип наиболее характерен для умеренных и высоких широт, занимает там большие пространства, продолжительность существования увеличивается с увеличением широты. Третий тип мерзлых пород широко развит в высоких широтах Арктики, Субарктики и Антарктики, а также в аналогах этих широт – высокогорье, например в Тянь-Шане, на Памире, в Тибете и др.

Между сезонно- и многолетнемерзлыми породами существует переходный тип. Если в отдельные наиболее холодные годы сезонномерзлые породы не оттаивают полностью за лето и сохраняются в основании слоя до следующей зимы, то этот мерзлый слой называется *перелеток*. Он может существовать от 1 до 5 лет, после чего в случае сохранения переходит в разряд многолетней мерзлоты.

Упомянутые три типа мерзлых пород промерзают на разную глубину. Кратковременное промерзание распространяется вглубь пород не более чем на сантиметры. Сезонное промерзание проникает на десятки сантиметров и первые метры. Глубина многолетнего промерзания – это метры, десятки и сотни метров, а в отдельных случаях и тысячи метров.

По составу мерзлые толщи могут быть сложены рыхлыми осадками разного возраста (четвертичного и дочетвертичного) и разного генезиса (морскими, озерными, аллювиальными, склоновыми и т.д.), а также скальными метаморфизованными осадочными, эффузивными и интрузивными породами мезозойского, палеозойского и более древнего возраста.

Поверхность, с которой начинаются многолетнемерзлые породы, называется их *верхней границей* (или *кровлей*), поверхность в глубине литосферы, где отрицательные температуры пород переходят в положительные и многолетнемерзлые породы переходят в талые, называется *нижней границей* (или *подошвой*) последних.

Расстояние по вертикали между верхней и нижней границами многолетнемерзлых пород называется **мощностью** мерзлых пород. Последняя обычно измеряется метрами.

Здесь следует пояснить, что принято различать мерзлую зону (или мерзлые породы), содержащую лед, и пояс многолетних отрицательных температур земной коры независимо от агрегатного состояния воды в породах. Мерзлая зона всегда находится в поясе отрицательных температур, а ее мощность либо совпадает с ней, если она подстилается пресными водоносными горизонтами, либо меньше ее, если под мерзлой зоной располагаются засоленные воды. В последнем случае мощность пояса отрицательных температур может превышать мощность мерзлой зоны на десятки и сотни метров.

Обычно верхний слой многолетнемерзлых пород у поверхности земли ежегодно летом оттаивает, а зимой снова промерзает. Этот слой называется **слоем сезонного оттаивания** или **сезонноталым слоем** (СТС). Если этот слой при зимнем промерзании соединяется с многолетней мерзлотой, то последняя называется **сливающейся**. Если же не соединяется и между нижней границей сезонно промерзшего слоя грунта и верхней границей многолетнемерзлых пород в течение зимы сохраняются талые породы, то мерзлая зона называется **несливающейся**. В этом случае верхний промерзший слой называется **слоем сезонного промерзания** или **сезонномерзлым слоем** (СМС). Слой сезонного оттаивания и промерзания называют еще и **деятельным слоем**. Под мощностью деятельного слоя понимается наибольшая за многолетний период мощность оттаивания и промерзания грунтов.

Главными характеристиками и многолетнемерзлых и сезонномерзлых пород являются их температура (меняется обычно в пределах от 0°C до примерно -20°C), мощность (достигает от нескольких метров до тысячи метров) и характер содержащегося в них льда (количество, форма распределения). Характер распространения мерзлых пород по площади имеет определенные особенности и в целом подчиняется природной зональности. В самых северных

районах, при низких температурах воздуха, многолетнемерзлые породы имеют преимущественно **сплошное** (непрерывное) распространение. Однако под крупными водоемами или в местах усиленной циркуляции подземных вод, несущих в себе большой запас тепла, вечная мерзлота отсутствует, горные породы находятся в талом состоянии. Такие участки называются **таликами**. Различают **сквозные** талики, пронизывающие мерзлую толщу на всю мощность, и **несквозные** талики, распространяющиеся в мерзлой толще лишь до некоторой глубины. При развитии сквозных таликов по площади менее 10% распространения ММП считают сплошным. По мере продвижения на юг количество таликов увеличивается, распространение многолетнемерзлых пород становится **прерывистым** (сквозные талики занимают 5-50% площади), еще дальше к югу общая площадь таликов становится преобладающей, а распространение мерзлых пород приобретает **массивно-островной** (ММП 10-50%) и **островной** (ММП < 10%) характер.

Мерзлые породы являются сложной многокомпонентной системой. В них выделяются: *твердая составляющая*, которая подразделяется на скелет грунтов – минеральный или органогенный, и лед; *жидкая составляющая* и *газообразная составляющая*.

Образование льда в породе, как и большая часть процессов в грунтах, происходят при взаимодействии воды с минеральной частью породы. Поэтому чем более дисперсная порода, тем интенсивнее в ней взаимодействие воды с минеральным скелетом, сложнее процессы ее промерзания и протаивания и, как следствие, большее изменение физических свойств.

Одним из основополагающих моментов является то, что часть воды в грунтах, иногда большая часть, находится в молекулярном взаимодействии со свободными активными поверхностями минерального скелета. При этом взаимодействие тем сильнее, чем ближе к минеральным частицам расположены молекулы воды. В этом отношении воду в грунтах условно принято делить на *свободную*, не взаимодействующую с грунтом, и *связанную*, испытывающую влияние активной поверхности частиц грунта и образующую водную пленку

вокруг минеральных частиц. Связанную воду принято делить на *прочносвязанную* (несколько молекулярных слоев, непосредственно обволакивающих минеральные частицы) и *рыхлосвязанную* (более удаленные от частицы слои водной пленки). Взаимодействие с активными поверхностями частиц грунта понижает точку замерзания воды. При этом, чем более прочно связана вода, тем температура ее замерзания ниже. На основании ряда экспериментов выделяется несколько температурных зон, внутри которых происходит фазовый переход разных категорий воды в лед. Так, в интервале температур от 0°C до $-0,2^{\circ}\text{C}$ начинает замерзать свободная вода и к $t = -2^{\circ}\text{C}$ полностью замерзает свободная вода и наиболее удаленные слои рыхлосвязанной воды. Связанная вода начинает замерзать при температуре ниже 0°C . Основная ее часть замерзает в интервале температур от -2 до -5°C . В интервале от -5 до -12°C может замерзать часть прочносвязанной воды. Однако температура замерзания большей части прочносвязанной воды опускается до -78°C , а монослой воды вокруг частицы замерзает лишь при температуре -180°C . Поэтому в мерзлых грунтах всегда содержится некоторое количество незамерзшей воды, и это количество тем больше, чем выше температура грунта.

В связи с этим, мерзлые породы являются не только многокомпонентными, но и многофазными системами. В них выделяется четыре категории воды по фазовому состоянию:

1. Вода в газообразной фазе.
2. Вода переменного фазового состояния. Это связанная, преимущественно рыхлосвязанная, вода, которая и замерзает и оттаивает при температуре ниже 0°C , и при изменении отрицательной температуры грунта может переходить из жидкой фазы в твердую и обратно.
3. Вода, не изменяющая своего агрегатного состояния при изменении температуры. Это прочносвязанная вода, температура замерзания которой ниже распространенных в природе температур. Называется она незамерзшей водой, и ее количество обозначается как W_n .

4. Вода в твердой фазе. Это лед. Образуется из свободной воды, замерзает при температуре 0°C , при отрицательной температуре не оттаивает.

Из всего сказанного вытекает, что фазовый состав мерзлых грунтов (то есть количественное соотношение разных фаз воды) зависит от температуры грунтов.

Помимо температуры на фазовый состав мерзлых грунтов влияет давление. Увеличение давления на 1 кг/см^2 понижает температуру замерзания воды на $0,007^{\circ}$. Поэтому с увеличением давления увеличивается количество незамерзшей воды в грунтах. В мерзлых грунтах при изменении температуры одновременно меняется и давление: образование льда из-за увеличения его объема по сравнению с водой приводит к возрастанию давления, в то время как таяние льда и, соответственно, уменьшение объема приводит к снижению давления. В результате фазовый состав мерзлых грунтов всегда находится в соответствии с внешними условиями. Это явление сформулировано Н.А. Цытовичем как «Принцип равновесного состояния воды и льда в мерзлых грунтах» - количество, состав и свойства жидкой фазы воды, содержащейся в мерзлых грунтах, не остается постоянным, а изменяется с изменением параметров состояния данной системы (t, p, w) , находясь в динамическом равновесии с последними.

При заданных температуре и давлении фазовый состав мерзлых грунтов зависит от свойств самого грунта – его дисперсности, минералогического состава, химического состава и т.п. Взаимодействие минеральной части грунта с водой тем активнее, чем больше удельная поверхность пород, обуславливающая больший потенциал свободной поверхностной энергии. Под «удельной поверхностью» понимается суммарная поверхность частиц в 1 г или 1 см^3 грунта. Удельная поверхность невелика у крупнозернистых грунтов (песков, особенно состоящих из минералов изверженных и метаморфических пород). С увеличением дисперсности удельная поверхность возрастает и достигает наибольшей величины у глин и коллоидных систем. Поэтому,

например, в песках практически отсутствует связанная вода, свободная же вода при отрицательной температуре находится в твердом состоянии. В результате, мерзлые пески обладают большой прочностью. Глинистые грунты содержат большое количество связанной воды, поэтому при одинаковой с песками температуре в них сохраняется большое количество жидкой (незамерзшей) фазы воды. Глины остаются пластичными и не обладают достаточной прочностью.

2.2 Особенности строительства и эксплуатации скважин в условиях многолетней мерзлоты

Многолетняя мерзлота занимает площадь около 10 млн. км², или более 60% территории России. Южная граница распространения мерзлоты проходит с северо-запада на юго-восток от Кольского п-ова к устью р. Мезень и далее почти по Северному полярному кругу до Урала. В Западной Сибири граница имеет субширотное простирание: вдоль широтного отрезка р. Обь, к истокам р. Таз и далее до р. Енисей к устью р. Подкаменная Тунгуска, где она резко поворачивает на юг. К востоку от Енисея мерзлота распространена почти повсюду, исключая юг п-ова Камчатка, о. Сахалин и Приморье. В верхней части геологического разреза многих северных районов страны залегает толща многолетнемёрзлых пород; мощность этой толщи иногда достигает 500 м и более. Самый глубокий предел многолетней мерзлоты отмечается в верховьях реки Вилюй в Якутии. Рекордная глубина залегания многолетней мерзлоты - 1370 метров-зафиксирована в феврале 1982 года. В состав её могут входить как хорошо связанные прочные породы (известняки, песчаники и т.п.), так и породы несвязанные (пески, галечники и т.п.), единственным цементирующим материалом для которых является лёд.

При бурении в толще многолетнемёрзлых пород возникают следующие осложнения [3]:

1. Интенсивное кавернообразование в интервалах залегания ММП и низкотемпературных талых пород (НТП), осыпи, обвалы пород, приводящие к прихвату, слому бурильного инструмента; размыв, провалы фундамента под буровой установкой в результате протаивания мёрзлых пород, прилегающих к поверхности.
2. Протаивание, размыв ММП и МТП за направлением, кондуктором, проникновение БР в затрубное пространство, в том числе соседних близкорасположенных скважин при бурении с поглощением БР с

частичной или полной потерей его циркуляции в стволе, грифонообразовании.

3. Недопуск обсадных колонн до проектной глубины, неподъём цемента за направлением, кондуктором, разгерметизация резьбовых соединений, смятие обсадных колонн, насосно-компрессорных труб в случае обратного промерзания при длительных простоях, консервации скважин.
4. Примерзание спускаемых обсадных колонн к стенке скважины в интервале залегания ММП в зимний период.
5. Выбросы БР, воды, газа из-за наличия зажатых между мёрзлых вод и пропластов гидратов.

Эксплуатационная колонна в интервалах залегания ММП должна состоять из труб, выдерживающих давления, которые возникают при обратном промерзании затрубных и межтрубных пространств. При использовании труб меньшей прочности должны осуществляться специальные мероприятия (управляемое замораживание затрубного пространства, периодические прогревы и др.), предотвращающие смятие колонн и нарушение резьбовых соединений при обратном промерзании. Основным способом предотвращения осложнений при бурении в ММП является сохранение отрицательной температуры стенок скважины. Для этой цели применяют различные буровые среды: от охлаждённого воздуха и буровых растворов до устойчивой пены. При использовании буровых растворов на водной основе приходится также решать проблему предупреждения замерзания раствора при длительном прекращении промывки.

Большая часть осложнений, возникающих при строительстве и эксплуатации скважин, является результатом реакций мерзлых пород на изменение их термического состояния. Аналогично при строительстве и эксплуатации наземных зданий и сооружений решающую роль в предупреждении осложнений имеет знание свойств мерзлых грунтов. Свойства

последних обычно разделяют на три группы: а) классификационные; б) тепловые; в) механические.

При этом под классификационными понимаются следующие свойства:

а) льдистость; б) температура; в) зерновой состав песчаных и консистенция глинистых грунтов.

Применительно к строительству скважин в мерзлых породах в перечень этих свойств необходимо внести очевидные изменения, рассматривая взамен зернового состава и консистенции стратиграфию и литологию, составляющих в целом геологическую характеристику разреза.

Немаловажное значение имеет и такая характеристика мерзлых пород, как время их замерзания (после или в период формирования), а породы соответственно называются эпигенетическими или сингенетическими. Для наземного строительства обычно нет необходимости различать породы по этому признаку, так как наземные грунты, как правило, представлены сингенетическими отложениями четвертичного "периода. Для скважин такое деление необходимо, поскольку они находятся в прямом контакте и с сингенетическими отложениями в верхней части разреза и с эпигенетическими — в нижней. Главное различие между обоими типами пород проявляется в их льдистости: сингенетические, как правило, характеризуются высокой льдистостью, эпигенетические — низкой.

Льдистость определяется отношением веса льда к весу сухой породы. Для глубинных пород применяют другую характеристику - избыточную льдистость (содержание льда в объеме, превышающем пористость в талом состоянии при давлении, соответствующем глубине залегания). Такое определение предполагает следующее. Если объем льда не превышает объема пор, то частицы породы плотно прилегают друг к другу и несущую способность породы обеспечивает минеральный скелет. Протаивание такой породы не может вызывать заметных нагрузок на колонну скважины, за исключением консолидирующих глин. Если объем льда в породе превышает объем пор в талом состоянии при давлении, соответствующем глубине залегания, то

несущая способность пород в мерзлом состоянии обеспечивается частично минеральным скелетом грунта и льдом. С увеличением избыточной льдистости доля нагрузки, передаваемой льдом, возрастает. Оттаивание такой породы может привести и к осадкам, и к просадкам грунта за колонной. В определенных условиях возникающие нагрузки становятся опасными для целостности скважины. Возникающие с увеличением избыточной льдистости нагрузки прогнозируются методами, используемыми в механике сплошных сред. Благодаря этому можно оценивать воздействие оттаявшей мерзлой породы на скважину при любой температуре добываемого или закачиваемого агента. [2]

Принятое определение избыточной льдистости пригодно при равномерном распределении льда в грунте, соответствующем массивной, слоистой и сетчатой текстурам. Единичные прослой льда учитываются отдельно. Заметим, что данное определение отличает избыточную льдистость от избыточного льдовыделения. Последний термин отражает способность тонкодисперсных глинистых грунтов накапливать при промерзании дополнительное количество льда сверх ранее содержащегося количества воды. Такое накопление избыточного льда является одной из не изученных до конца особенностей промерзания влагонасыщенных дисперсных сред. Известно, что в промерзающем слое таких грунтов, как супесь и суглинки, на конец зимнего периода накапливается воды в 4 — 5 раз больше, чем было в этом слое в исходном состоянии. При этом объем грунта возрастает на 100— 200%, что выражается в его пучении. При оттаивании такой грунтовой слой, накопивший избыток льда, проседает.

Для выяснения природы возникающих дополнительных напряжений и характера последствий оттаивания пород без избыточной льдистости допустим, что мерзлая толща представлена зернистой средой (песок, песчаник). Поскольку избыточная льдистость отсутствует, зерна породы плотно прилегают друг к другу, а лед занимает только пространство между ними.

Тогда внешняя нагрузка воспринимается в основном скелетом породы (за вычетом гидростатической составляющей).

Протаивание приводит к тому, что часть пор освобождается от заполняющего льда, поскольку его удельный объем примерно на 9 % больше удельного объема воды. Образовавшаяся при таянии вода может занимать весь поровый объем только будучи в растянутом состоянии. Такое положение воды маловероятно, так как растянутые столбики воды в капиллярах непременно разорвутся, а промежутки между ними заполняются паром. Давление пара в пузырьках незначительно и определяется средней температурой протаявшей части пласта. Так, при +10 °С давление пара равно всего лишь 9,21 мм ртутного столба.

Если пористость и проницаемость породы велики, то следующим этапом будет гравитационное разделение пара и воды: пар будет занимать верхние 9 % мощности пласта, а вода — остальной 91 %. Сказанное справедливо только в случае, если не происходит одновременного с таянием подтока дополнительного количества воды извне.

Рассмотрим баланс сил на поверхности фронта фазового перехода лед — вода. До того как к поверхности подошел фронт фазового перехода, боковое давление, составляющее часть горного, с внешней стороны поверхности воспринималось скелетом пласта и поровым льдом, причем на последний приходилась часть бокового давления, равная гидростатическому. Однако как только к данной поверхности подходит фронт фазового перехода, эта часть бокового давления уже не может восприниматься поровой жидкостью и передается скелету пласта. Так, на фронте таяния герметичного песчаного пласта появляется дополнительное рациональное напряжение, направленное в сторону талой зоны и воспринимаемое скелетом.

Появление поверхностных сил на границе фазового раздела, направленных внутрь талой зоны, не единственное следствие таяния мерзлых пород без подтока воды извне. Далее исчезает взвешивающая архимедова сила, действующая на каждую частицу поровой среды и направленная вертикально

вверх; на каждую частицу с объемом водонасыщенной породы действует вертикальная сила взвешивания.

Таким образом, при таянии порового льда грунт дополнительно нагружается вертикальной объемной силой. Ввиду неопределенности коэффициента пористости в дальнейшем он принимается равным нулю, что приводит к некоторому увеличению нагрузки, возникающей при таянии порового льда, которая идет в запас прочности колонны.

Случаи, когда мерзлая толща целиком представлена зернистой породой, исключительны. Обычно она сложена чередованием глинистых и песчаных пород. Глины твердой или тугопластической консистенции при обычных для мерзлой толщи температурах находятся в мерзлом состоянии и практически не содержат включений льда. Вследствие этого в них не возникает скачка давления на нулевой изотерме, в отличие от перекрывающих или подстилающих песчаных пород. Однако падение порового давления передается и в глинистые пласты, приводя к уничтожению взвешивающей силы поровой воды в целом по разрезу. Вторым побочным эффектом падения давления в соседних пластах является консолидация глин, которой в силу принятого допущения относительно их консистенции можно пренебречь.

Протаивание такой толщи приведет к некоторому вертикальному сжатию всех пластов, на фоне которого радиальные напряжения на фронте таяния песчаных пород приведут к их незначительному расширению, а расположенные между ними глинистые пласты дополнительно сожмутся. Соответственно этому колонна скважины будет испытывать вертикальные сжимающие нагрузки против глинистых пластов и растягивающие — против песчаных.

2.3 Анализ проблем, появляющихся при бурении многолетнемерзлых пород

1. Протаявание прискважинной зоны

В процессе строительства скважина является генератором тепла, тепловое поле которой посредством бурового раствора или добываемого флюида распространяется на многолетнемерзлые породы, имеющие отрицательную температуру. Буровой раствор (или добываемая продукция) находятся в непосредственном контакте с многолетнемерзлыми породами, слагающими стенки скважины. Следствием таяния мерзлых пород в прискважинной зоне является нарушение льдоцементных связей частиц их скелета, частицы приобретают автономное существование, мерзлый массив разрушается. Этот механизм лежит в основе формирования приустьевых воронок или обрушения стенок скважины с образованием каверн. Основной движущей силой является земная гравитация: частицы оседают, уплотняясь, образуют новую геологическую среду, жидкая фаза начинает существование как вода таяния. Однако в прискважинной зоне, как в любом горном массиве и в соответствии с законом горной механики, действуют силы вертикального, бокового и окружного горных давлений. Под влиянием этих сил протаявшие породы, сопряженные с металлической крепью скважины, получают горное поджатие к внешней поверхности обсадных труб. При этом деформационное поведение разных по литологическому составу горных пород различно. Так, пласт протаявшего песка под действием радиального сжатия получает бочкообразную форму, а усилия формоизменения на контакте с обсадной колонной трансформируются в аксиальные напряжения растяжения тела трубы. Те же усилия, действующие тангенциально относительно оси металлической крепи (т.е. вдоль поверхности вертикально вверх и вниз), способствуют уплотнению глинистых пластов, перекрывающих и подстилающих песчаный пласт. Процесс этого формоизменения приводит к появлению аксиальных напряжений сжатия в теле обсадной трубы. Механизм взаимодействия крепи скважин с

оттаивающим массивом представлен на рисунке 2.1. При некоторых термодинамических условиях в прискважинной зоне значения напряжений растяжения-сжатия могут оказаться по величине сопоставимыми с прочностью тела обсадных труб или их резьбовых соединений, что приведет к разрушению колонн и разгерметизации крепи.

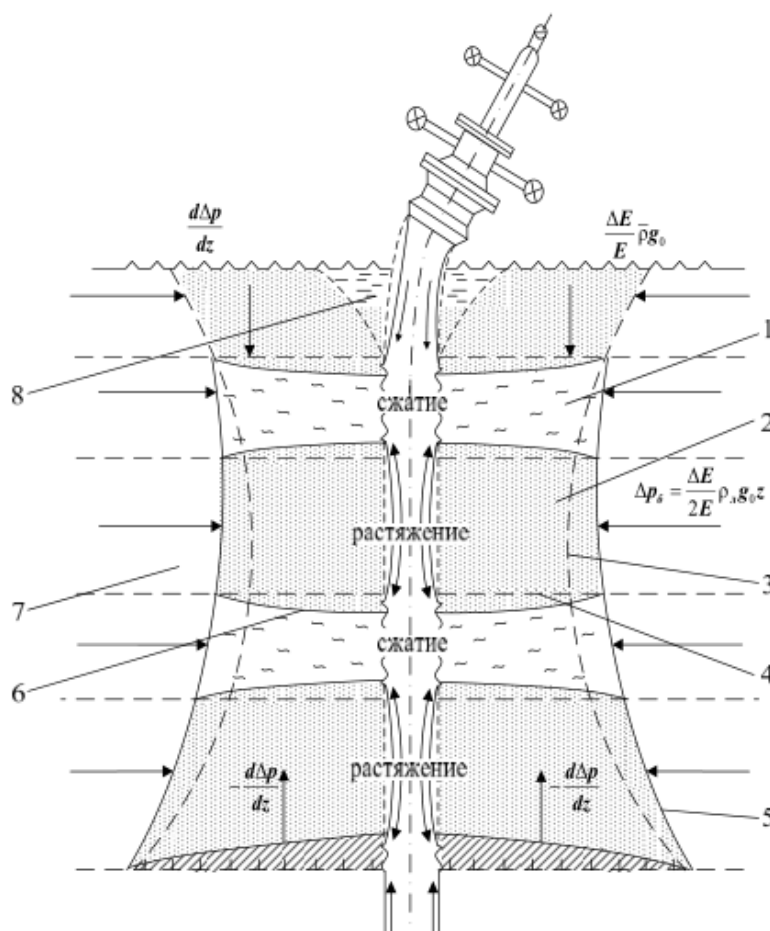


Рисунок 2.1 – Механизм взаимодействия крепи скважины с оттаивающим мерзлым массивом:

1-глина; 2-песок; 3-граница перемещения мерзлой зоны; 4-первоначальная граница залегания слоев; 5-граница протаивания мерзлого массива; 6-граница слоев после протаивания; 7-мерзлый массив; 8-воронка протаивания

2. Обратное промерзание прискважинной зоны

При остановках скважины возникает процесс восстановления естественного температурного режима прискважинной зоны. Этот процесс называют обратным промерзанием. При достаточной длительности процесса водные суспензии затрубного и межтрубного пространств переходят в лед. Превращение воды в лед сопровождается 9% увеличением объема, что объясняется перестройкой молекулярно-дипольной структуры воды в тригональную кристаллическую решетку льда. Силы молекулярного давления при этом достигают 1115 МПа, что на один-три порядка выше предела прочности при наружном давлении для обсадных труб всей существующей номенклатуры. В связи с этим смятие обсадных колонн – наиболее частая, сложная и практически неизбежная авария в процессе обратного промерзания прискважинной зоны, особенно при наличии замкнутых объемов незацементированных каверн.

Механизм смятия обсадной колонны в процессе обратного промерзания представлен на рисунке 2.2. При полном развитии процесса смятия разрушению подвергаются все колонны, включенные в состав конструкции скважины, в том числе насосно-компрессорные трубы. Это означает, что в процессе длительного простоя возможно разрушение термозащитного оборудования скважины со всеми вытекающими последствиями этой тяжелой аварии. Осложнения, возникающие в процессе строительства и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых породах. Основной причиной осложнений и аварий при строительстве и эксплуатации скважин являются последствия их теплового воздействия на многолетнемерзлые породы. Два основных свойства мерзлых пород – способность протаивать и способность промерзать – определяют весь комплекс проблем, возникающих в прискважинной зоне и в конструкции скважинной крепи, что делает необходимым применение специального термозащитного и рефрижераторного оборудования для оснащения нефтяных и газовых скважин с целью обеспечения их надежной работы в интервалах залегания криолитозоны.

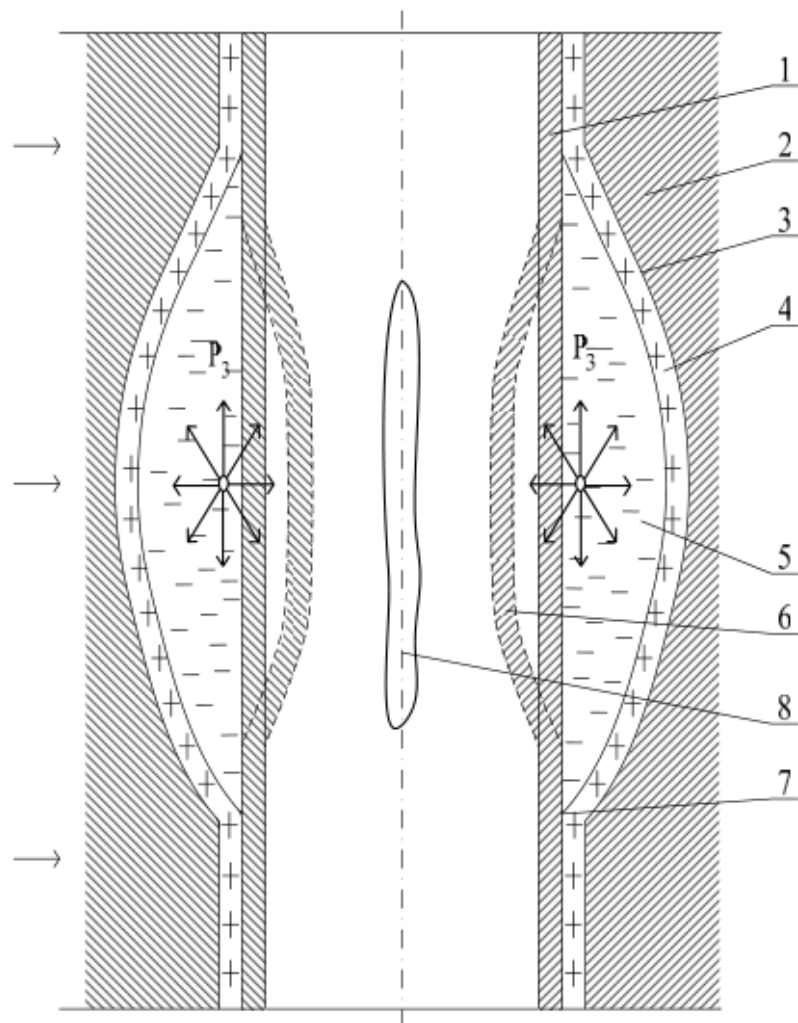


Рисунок 2.2 – Механизма смятия обсадной колонны в процессе обратного промерзания:

1-обсадная колонна; 2-мерзлые породы; 3-уширение ствола скважины (каверна); 4-одна из стадий периферийного образования льда; 5-“гидравлическая бомба”; 6-деформация смятия; 7-ледяная перемычка в суженном пространстве ствола; 8-трещина в теле обсадной трубы

3. Кавернообразование

При оттаивании мерзлой толщи, содержащей избыточно-льדיстые глинистые пласты или пластовые залежи льда, возможны значительные деформации околоствольного пространства и, как следствие, большие дополнительные нагрузки на колонну скважины.

Как было указано ранее, избыточным льдовыделением характеризуются глины с мягко- или текучепластической консистенцией четверичного возраста. Мощность четвертичных отложений может достигать 200 м и более.

При оттаивании избыточно-льדיстых глин на месте шлиров возникают полости, в результате чего глинистая порода теряет свою несущую способность. Поскольку ее усадка превышает деформацию перекрывающего песчаного пласта в вертикальном направлении, то на границе напластования между ними образуется щелевая каверна, которая повлечет за собой потерю устойчивости оттаявшего массива горных пород.

При протаивании пластовой залежи льда вокруг скважины образуются четко выраженная термокарстовая каверна, в результате чего происходит потеря устойчивости массива горных пород и, как следствие, возникновение значительных осевых нагрузок на крепь.

Образование каверн вокруг скважин возможно не только в мерзлой толще. Оно сопровождается, например, извлечение нефти из несцементированных пластов. Эксплуатация таких скважин нередко прерывается повреждением колонн: сломом с отводом части колонны в сторону, простым смятием или смятием, осложненным трещиной вдоль образующей. Повреждение колонн обычно предотвращают ограничением выноса песка, т.е. не допускают рост каверны за пределы "критического" радиуса, при котором теряется устойчивость вышележащих пород.

2.4 Выводы по главе 2

В заключение отметим, что освоение нефтяных и газовых месторождений связано с проблемами изменения температуры в многолетнемерзлых породах. Вопросом первостепенной важности при бурении и эксплуатации скважин в многолетнемерзлых грунтах является недопущение ситуаций, способных привести к потере контроля над скважиной. Осложнения возникают с самого начала строительства скважины и на протяжении всего цикла ее жизни. Возникающие осложнения носят техногенный и естественный характер. Техногенные проблемы появляются вследствие оттаивания многолетнемерзлых пород в результате строительства нефтяных и газовых скважин из-за того, что они являются источниками теплоты в мерзлом массиве. Естественные осложнения связаны с потеплением климата и сезонным оттаиванием грунтов.

Поэтому на этапе проектирования необходимо обеспечить специальные меры по термозащите скважин в мерзлых породах, что в дальнейшем будет способствовать снижению аварийности и улучшению экологической обстановки в районах разработки нефтегазовых месторождений.

3. Исследование существующих решений проблемы растепления грунта при бурении

3.1 Применение термоизолирующего направления обсадной трубы

Вечномерзлые породы представляют собой породы, частицы которых сцементированы льдом. В процессе эксплуатации скважина является источником тепла, тепловое поле которой посредством бурового раствора или добываемого флюида распространяется на многолетнемерзлые породы, имеющие отрицательную температуру. Буровой раствор (или добываемая продукция) находятся в непосредственном контакте с многолетнемерзлыми породами, слагающими стенки скважины. Следствием таяния мерзлых пород в прискважинной зоне является нарушение льдоцементных связей частиц их скелета, частицы приобретают автономное существование, мерзлый массив разрушается.

Одним из способов решения проблемы растепления является применение термоизолирующего направления обсадной трубы (рисунок 3.1). Он представляет собой колонну, изготавливаемую из труб диаметром Ø530 и 820 мм (возможно изготовление других размеров) по технологии “труба в трубе” с заливкой пространства между трубами специальным теплоизолирующим материалом - пенополиуретаном. Направление содержит внутреннюю и наружную коаксиальные трубы 1 и 2 и размещенный между ними теплоизолирующий материал 3. Для упрощения установки направления в скважину оно выполнено сборно-разборным из верхней и нижней частей 4 и 5. В зоне стыка верхней и нижней частей внутренние трубы 1 выступают из наружных труб 2 и снабжены соединенными между собой фланцами 6 и 7. С внешней стороны зона стыка перекрыта обечайкой 8, а полость между обечайкой и внутренней трубой заполнена теплоизолирующим материалом 9. На наружной трубе нижней части направления выполнены крепежи 10 для временной фиксации ребер, которые используются для опоры нижней части на

стенки скважины в процессе монтажа направления. Ребра устанавливают перед спуском нижней части 5 в скважину, и после установки термоизолирующего направления в скважину эти ребра снимаются.[4]

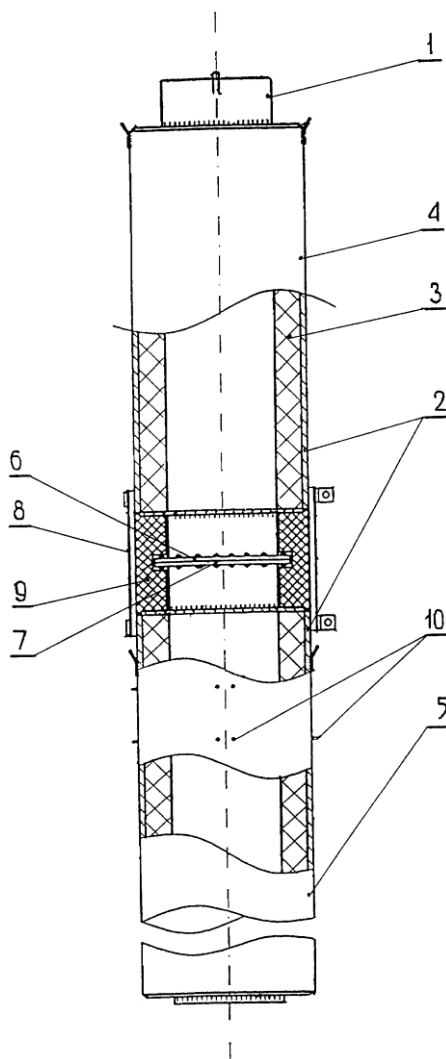


Рисунок 3.1 – Термоизолирующее направление обсадной трубы:

1,2-коаксиальные трубы; 3-теплоизолирующий материал; 4-верхняя часть; 5-нижняя часть; 6,7-фланцы; 8-обечайка; 9-теплоизолирующий материал; 10-крепежи

Недостатком известного устройства является сложность сборки термоизолирующего корпуса, связанная с необходимостью центрования верхней части корпуса относительно нижней.

Дополнительным недостатком известного устройства является то, что фланцевое соединение требует дополнительной изоляции с помощью уплотнительной прокладки, а также требует высокой точности изготовления.

Эти недостатки были решены за счет создания термоизолирующего корпуса буровой колонны (рисунок 3.2). Данный корпус отличается тем, что соединительные элементы частей термоизолирующего корпуса, подлежащие соединению друг с другом, содержат центрирующие направляющие, выполненные с возможностью приведения осей частей корпуса в требуемое положение относительно друг друга при совмещении частей корпуса друг с другом в положение для соединения.

В соответствии с моделью термоизолирующий корпус 1 буровой колонны включает в себя по меньшей мере две части корпуса: верхняя часть 2 корпуса 1 и нижняя часть 3 корпуса 1. Верхняя часть 2 корпуса 1 и нижняя часть 3 корпуса 1 выполнены с возможностью разборного соединения друг с другом. В рабочем состоянии буровой колонны части корпуса 1 соединены между собой.

Каждая из частей корпуса содержит внутреннюю трубу 4 и наружную трубу 5. Внутренняя труба 4 и наружная труба каждой части корпуса в рабочем состоянии соединены друг с другом и размещены (выполнены) соосно друг с другом. Точность соблюдения соосности труб должна быть достаточной для удовлетворительного функционирования устройства, в частности не оказывать существенного влияния на качество передачи механических нагрузок, на герметичность соединения частей буровой колонны и на ее термоизоляционные параметры.

Внутренняя труба 4 части корпуса выполнена длиннее наружной трубы 5, а концы внутренней трубы 4 выступают из наружной трубы 5. Внутренние трубы 4 частей корпуса 1 в рабочем состоянии соединяются между собой.

Между внутренними трубами 4 и внешними трубами 5 размещается термоизолирующая прокладка 6, содержащая термоизолирующий материал. Область соединения внутренних труб 4 между наружными трубами 5 может быть перекрыта цилиндрической обечайкой 7, при этом между обечайкой 7 и выступающими концами внутренних труб 4 также размещается термоизолирующая прокладка 6, содержащая термоизолирующий материал. Пространство между внутренними трубами 4 и внешними трубами 5 и пространство между внутренними трубами и обечайкой заполнены термоизолирующей прокладкой 6. [8]

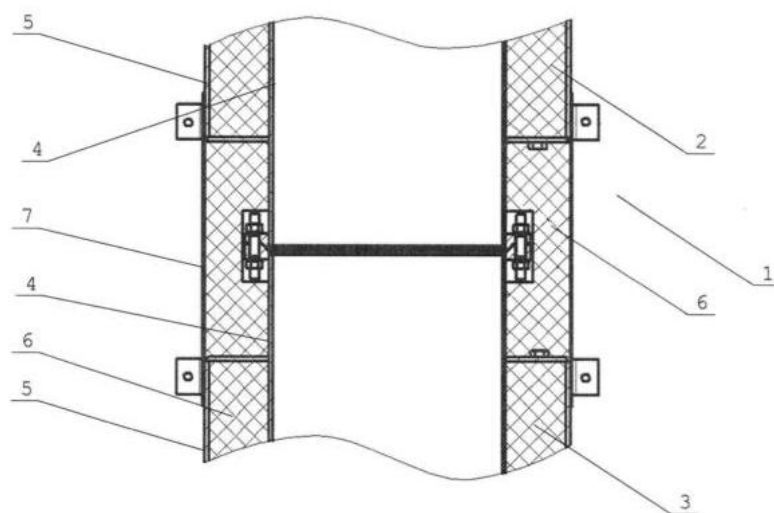


Рисунок 3.2 – Теплоизолирующий корпус буровой колонны:

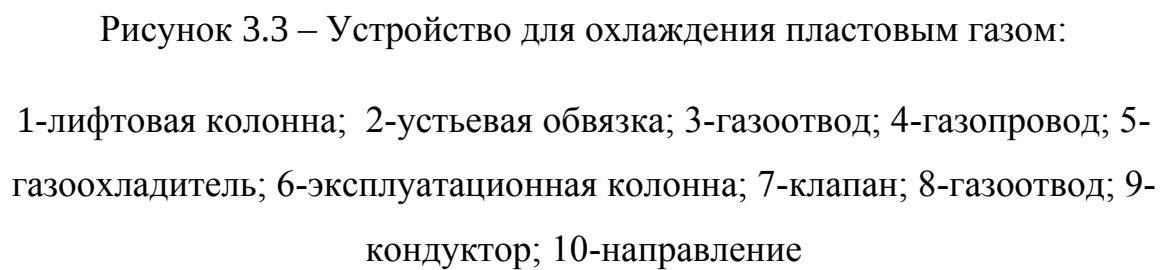
1-термоизолирующий корпус; 2-верхняя часть корпуса; 3-нижняя часть корпуса; 4-внутренние трубы; 5-наружные трубы; 6-термоизолирующая прокладка; 7-цилиндрическая обечайка

3.2 Охлаждение пластовым газом

Данный способ заключается в том, чтобы свести к минимуму потери пластовой энергии на предупреждение растепления мерзлых пород, что позволит повысить экономичность и надежность работы скважины. Результат достигают за счет того, что при добыче пластового газа из скважины его разделяют на два потока, больший из которых направляют в газопровод, а меньший охлаждают и направляют в трубообразные теплообменники-холодильники, размещенные в межколонном пространстве.

Устройство для охлаждения пластовым газом (рисунок 3.3) работает следующим образом. Добываемый пластовый газ разделяют на два потока, больший из которых направляют в газопровод 4, а меньший поток газа охлаждают для превращения этого потока газа в сторонний хладагент. Для этого поток газа, поступающий из скважины по лифтовой колонне 1, направляют в трубопровод устьевой обвязки 2, затем меньший поток газа поступает через газоотвод 3 в газоохладитель 5, который использует холод атмосферного воздуха, при этом газ охлаждают до требуемой отрицательной температуры. Далее охлажденный газ направляют в межколонное пространство между теплоизолированной лифтовой колонной 1 и эксплуатационной колонной 6 и возвращают по газоотводу 8 в газопровод 4 под давлением, равным давлению пластового газа в точке разделения его на два потока, что позволяет сохранить пластовую энергию транспортируемого газа и упростить общую конструкцию системы охлаждения. При этом давление в газопроводе 4 перед возвращением в него меньшего охлажденного потока уменьшают на величину, большую величины гидравлических потерь этого потока по пути его движения с помощью клапана 7, чтобы обеспечить разность давлений в точке отбора охлажденного газа и точке ввода его в газопровод 4 с целью подачи расчетного количества охлажденного газа в межколонное пространство между теплоизолированной лифтовой 1 и эксплуатационной 6 колоннами.

Подачу охлажденного газа в межколонное пространство между теплоизолированной лифтовой колонной 1 и эксплуатационной колонной 6 прекращают, если температура его на выходе из газоохладителя 5 становится выше минус 5 градусов по Цельсию (по причине колебания температуры атмосферного воздуха). Это необходимо потому, что температура многолетнемерзлых пород приблизительно постоянна и составляет минус 3-5⁰С. Трубообразные теплообменники - холодильники размещают в межколонном пространстве или в приствольном массиве мерзлых пород с последующим заполнением межколонного пространства цементным раствором для сохранения жесткости и герметичности конструкции скважины. Такое размещение трубообразных теплообменников - холодильников позволит поддерживать грунт вокруг скважины в мерзлом состоянии, а заполнение межколонного пространства между эксплуатационной и лифтовой колоннами надпакерной жидкостью до устья скважины увеличит герметичность межколонного пространства от газопроявлений. Данный способ допускает незначительное растепление многолетнемерзлых пород вокруг скважины в летнее время (1-2 месяца), но это растепление не окажет существенного влияния на устойчивость ствола скважины. Вместе с тем незначительное растепление ММП вокруг ствола скважины (5-10 см по радиусу) позволяет снять вертикальные нагрузки на кондуктор и эксплуатационную колонну, которые будут возникать вследствие опускания (просадки) суши по мере истощения запасов газа.



3.3 Низкотемпературные режимы промывки

Также для предотвращения протаивания мерзлых пород при бурении скважин используются низкотемпературные режимы промывки. Некоторый опыт реализации таких приемов также известен. Использовали градирни или тривиальное разбрызгивание, водооборотное охлаждение, заглубление теплообменных батарей в мерзлые породы, добавки льда в циркулирующий раствор и т.п. Однако все эти приемы низкотехнологичны, а эффективность их применения в значительной степени зависит от климатического фактора. В летнее время, например, могут возникнуть трудности с охлаждением циркулирующего бурового раствора. Устойчивый процесс регулирования температурного режима промывки в любое время года может быть обеспечен при использовании систем, оснащенных холодильными агрегатами (рисунок 3.4).

Работает такая система следующим образом. В приемную емкость 1 устанавливается теплообменник 2, соединенный с узлом подготовки хладоносителя 3. Узел подготовки хладоносителя 3, холодильный агрегат 4 и атмосферный теплообменник 5 монтируются на передвижной платформе, которая устанавливается на площадке буровой с учетом рельефа местности. Подготовленный в узле 3 хладоноситель прокачивается через теплообменник при помощи насоса 6. Охлажденный буровой раствор из приемной емкости 1 подается по теплоизолированной циркуляционной системе буровыми насосами 7 в скважину. Пополнение бурового раствора по мере углубления осуществляется из резервных емкостей. [5,с.101]

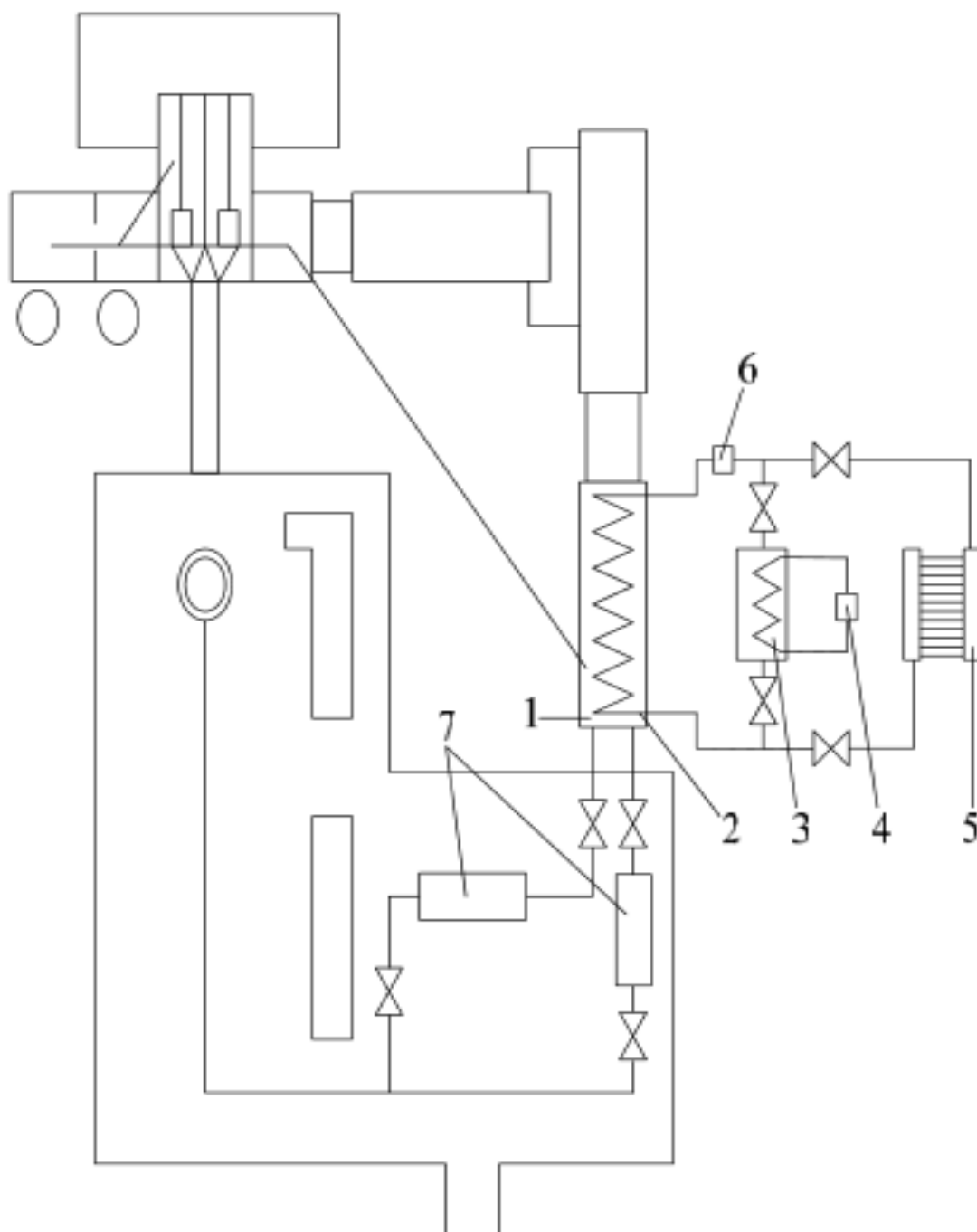


Рисунок 3.4 – Система охлаждения бурового раствора:

- 1 – приемная емкость; 2 – теплообменник; 3 – узел подготовки хладоносителя;
 4 – холодильный агрегат; 5 – атмосферный теплообменник; 6 – насос; 7 –
 буровой насос

3.4 Термостабилизатор на основе модуля Пельтье

Для замораживания приустьевой площадки используются, например, термостабилизаторы. Они способствуют уменьшению площади насыпей и сокращению проектных расстояний между устьями скважин. В Сибирском Федеральном университете разработано устройство, работа которого основано на применении термоэлектрического эффекта Пельтье. Устройство может быть выполнено в виде сплошного цилиндрического кольца (рисунок 3.5) или в виде сегментов цилиндрического кольца (рисунок 3.6). Оно состоит из корпуса 1, внутри которого имеются термоэлектрические модули Пельтье 2 и токопроводящие кабеля-троса 4;

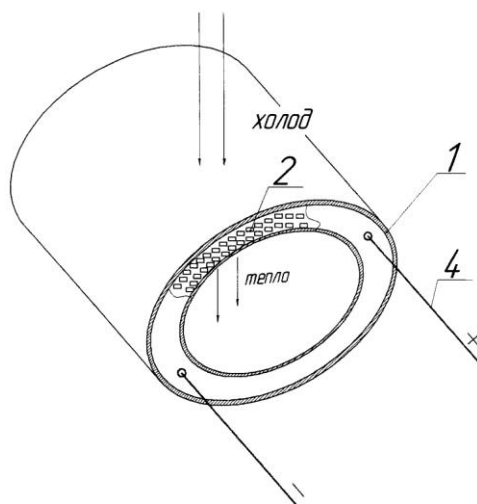


Рисунок 3.5 – Элемент в виде сплошного цилиндрического кольца

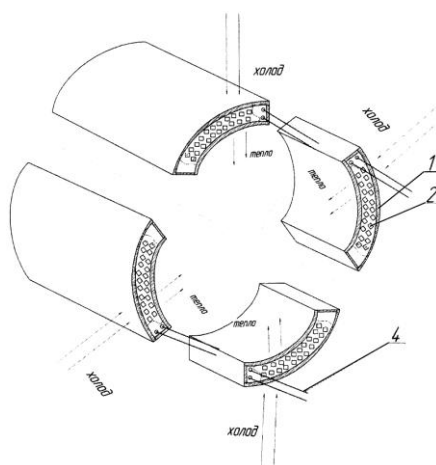


Рисунок 3.6 – Элемент, выполненный в виде сегментов цилиндрического кольца

В основе термоэлектрического модуля Пельтье (рисунок 3.7) лежат два полупроводника, контактирующие между собой. Эти полупроводники отличаются энергией электронов в зоне проводимости, поэтому при протекании тока через место контакта, электроны вынуждены приобретать энергию, чтобы смочь перейти в другую зону проводимости.



Рисунок 3.7 – Термоэлектрический модуль Пельтье

Так, при перемещении в более высокоэнергетическую зону проводимости другого полупроводника, электроны поглощают энергию, охлаждая место перехода. При обратном направлении тока электроны отдают энергию, и происходит нагрев дополнительно к джоулеву теплу.

Полупроводниковый модуль Пельтье состоит из нескольких пар полупроводников р и n-типа, имеющих форму маленьких параллелепипедов. Обычно в качестве полупроводников используют теллурид висмута и твердый раствор кремния и германия. Полупроводниковые параллелепипеды соединены между собой попарно медными перемычками. Эти перемычки служат контактами для теплообмена с керамическими пластинками.

Перемычки расположены так, что с одной стороны модуля только перемычки обеспечивающие переход n-p, а с другой стороны — только перемычки обеспечивающие переход p-n. В результате, при подаче тока, одна

сторона модуля нагревается, другая — охлаждается, а если полярность питания сменить на противоположную, то сторона нагрева и охлаждения соответственно поменяются местами. Таким образом, при прохождении тока происходит перенос тепла с одной стороны модуля на другую, и возникает разность температур.

Сам термостабилизатор (рисунок 3.8) работает следующим образом. Элемент с корпусом 1, выполненный в виде сплошного цилиндрического кольца или его сегментов, внутри которого установлены термоэлектрические модули Пельтье 2, и термопарой 3 опускают с помощью токопроводящих кабелей-тросов 4 в промежуточную колонну 5 и размещают на внутренней поверхности данной колонны на глубину, где имеются зоны ММП. В зависимости от мощности ММП подбирают высоту элемента. Зоны, мощность и глубины распространения ММП определяют известными способами, например, бурением параметрических скважин с отбором керна и его последующим исследованием. Далее опускают трубки-контейнеры 6, которые заполняют циркулирующим хладагентом 7. Количество трубок-контейнеров и глубина их установки зависят от конкретных условий распространения ММП. В кольцевое пространство между эксплуатационной 8 и промежуточной 5 колоннами закачивают теплоизолирующий материал 9. Затем осуществляют процесс эксплуатации скважины.

Термопара 3, расположенная между промежуточной колонной 5 и элементом, фиксирует изменение температуры ММП и подает сигнал на блок управления и регистрации температуры 10, расположенный на устье скважины. С блока управления 10 через кабели-тросы 4 подается электрический ток определенной мощности к элементу с термоэлектрическими модулями Пельтье 2. Модули Пельтье 2 охлаждают корпус 1 с наружной стороны, вследствие чего происходит охлаждение ММП, и нагревают с внутренней. Трубки-контейнеры 6 с циркулирующим хладагентом 7 создают отвод тепла с горячей стороны корпуса 1, чтобы обеспечить максимальную разность температур между наружной и внутренней поверхностями элемента.

В зимнее время элемент работает как дополнительный источник электроэнергии, так как трубки-контейнеры 6 обеспечивают необходимое охлаждение ММП. В результате разности температур между ММП и трубкой-контейнером 6 возникнет электрический ток, который поступает через кабели-тросы 4 в блок управления 10, который содержит преобразователь электрической энергии. Преобразователь электрической энергии предназначен для регулирования параметров электрической энергии, поступающей от элемента через кабели-тросы 4.

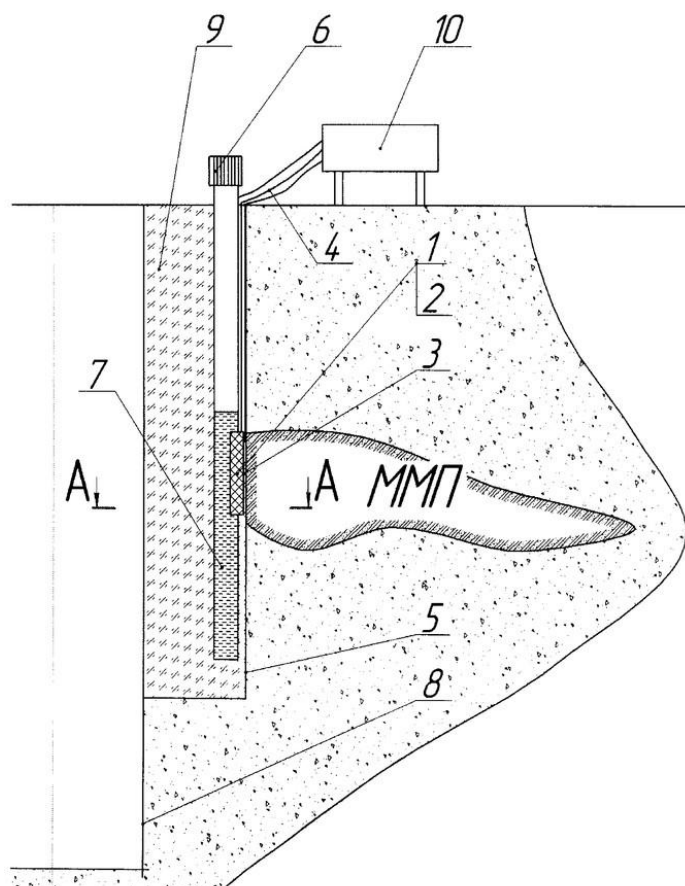


Рисунок 3.8 – Термостабилизатор для теплоизоляции скважин в ММП:

1-корпус; 2-термоэлектрические модули Пельтье; 3-термопара; 4-токопроводящие кабели-тросы; 5-промежуточная колонна; 6-трубки-контейнеры; 7-циркулирующий хладагент; 8-эксплуатационная колонна; 9-теплоизолирующий материал; 10-блок управления и регистрации температуры

3.5 Сквaziннне влагоотделители

Растепление мерзлых пород и связанные с этим осложнения при бурении могут быть предупреждены или устранены за счет соответствующего регулирования температуры, нагнетаемого в скважину сжатого воздуха. Поэтому при разработке параметров процесса продувки скважин, буримых в многолетней мерзлоте, вместе с определением расхода и давления сжатого воздуха следует определить необходимую степень его охлаждения. Учитывая энергоемкость искусственного охлаждения воздуха, которая резко возрастает с увеличением глубины охлаждения, необходимым и достаточным следует считать такое охлаждение воздуха на поверхности, при котором в кольцевом пространстве призабойной зоны скважины температура воздуха процессе бурения не превысит 0°C , при условии, что воздух будет в достаточной степени осушен. Это создает условия для предупреждения растепления мерзлоты, как в призабойной части, так и по всей скважине, и для сохранения керна.

Для дополнительного охлаждения и осушения воздуха в летнее время можно использовать сквaziннне влагоотделители простейшей конструкции (рисунок 3.9 а, б). Оба варианта сквaziнннх влагоотделителей работают по принципу адиабатического расширения воздуха, при котором происходит выделение влаги и понижение температуры. Эти влагоотделители отличаются друг от друга лишь схемой расположения и размерами некоторых деталей.

В первом варианте (рисунок 3.9, а) этого приспособления сжатый воздух проходит из бурильных труб через переводник 1 и трубу 2, затем направляется в камеру 9, где он расширяется, освобождаясь от излишней влаги, после чего через трубу 3 поступает на забой скважины. Влага, выделяющаяся в течение рейса, скапливается в нижней части камеры 9. Удаление влаги из камеры производится после подъема инструмента на поверхность. Для этого вывинчивают заглушку 6 и жидкость вытекает из камеры через отверстие 5. Во втором варианте (рисунок 3.9, б) сквaziннного влагоотделителя воздух из бурильных труб также поступает через переводник и направляется в камеру 10,

в которой он резко расширяется, образуя капельки влаги. Затем воздух вместе с капельками влаги проходит через каналы переходника 8 и далее направляется в кольцевой зазор между трубами 4 и 7 в камеру 11, в которой он ещё раз расширяется и освобождается от влаги. Далее по кольцевому зазору между трубами 7 и 12 воздух направляется в трубу 12 и подается к забою скважины. Влагу, скапливающуюся в камере 11 в течение рейса, спускают через отверстие 5 после подъема инструмента при вывинченной заглушке 6.

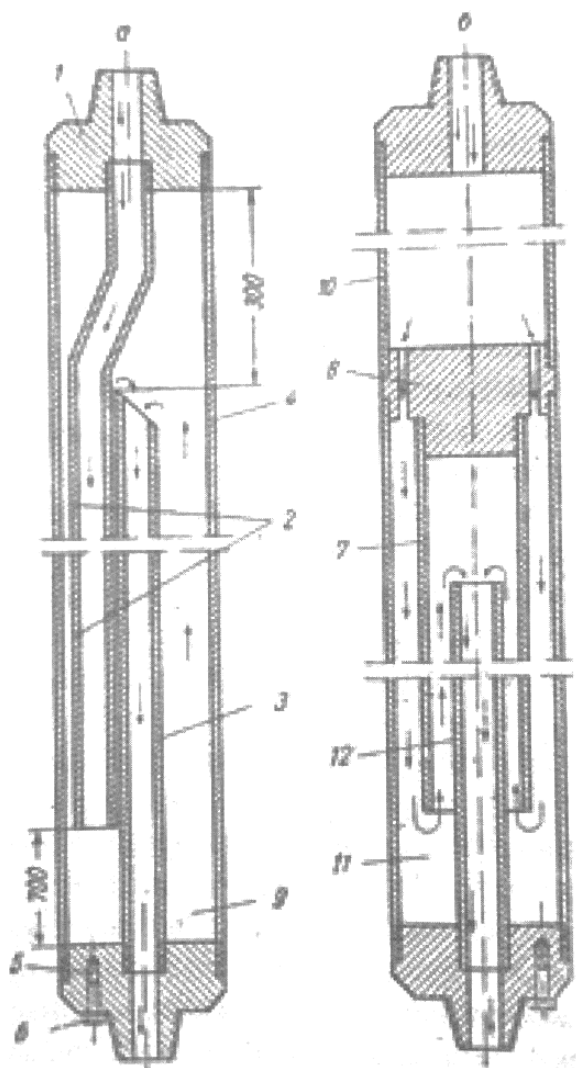


Рисунок 3.9 – Скважинные влагоотделители:

а - первого образца; б - второго образца

1-переводник; 2,3,4-труба; 5-отверстие; 6- заглушка; 7-труба; 8-
переходник; 9,10,11-камера; 12-труба

3.6 Вертикальная естественно действующая трубчатая система

Решить проблему устойчивости грунтового основания нефтяных и газовых скважин, а также сократить расстояние между скважинами с 20 м до 10–12 м позволяет применение вертикальной естественно действующей трубчатой системы (ВЕТ). Уникальность системы ВЕТ для термостабилизации устьев скважин обусловлена возможностью размещения вертикальных охлаждающих труб в зоне скважины, а надземного конденсаторного блока – на расстоянии 10...20 м от самой скважины, не препятствуя ее обслуживанию.

Система состоит из трех основных элементов:

1. Вертикальные охлаждающие трубы служат для циркуляции хладагента и замораживания грунта.
2. Соединительные трубы объединяют охлаждающие трубы и конденсаторный блок.
3. Конденсаторный блок, расположенный на поверхности грунта. В конденсаторном блоке за счет естественной конвекции и силы тяжести происходит конденсация паров хладагента и дальнейшая перекачки его по системе.

Система ВЕТ работает следующим образом. В охлаждающих трубах происходит перенос тепла грунта к хладагенту. Хладагент переходит из жидкой фазы в парообразную. Пар перемещается в сторону конденсаторного блока, где конденсируется в жидкую фазу, отдавая тепло через ребрение в атмосферу. Охлажденный и сконденсированный хладагент вновь стекает в испарительную систему и повторяет цикл движения.

Первые проекты с применением системы ВЕТ для термостабилизации грунтов основания устьев скважин были выполнены в 2007 г. для Южно-Хыльчуйского месторождения. Вскоре предложенное техническое решение получило масштабное применение при обустройстве кустов газовых скважин Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ). Более 40 кустовых площадок построены с применением систем ВЕТ.

Схема температурной термостабилизации грунтов включает две автономные системы охлаждения для каждой скважины, что обеспечивает дополнительную надежность. В зависимости от состояния грунта применяются схемы с одним или несколькими контурами охлаждающих труб. Охлаждающие вертикальные трубы глубиной 13...26 м располагаются вокруг ствола скважины на окружности с одинаковым шагом (Приложение А).

Наглядным примером необходимости температурной стабилизации грунтов в устьях скважин служит включенная в работу без системы охлаждения скважина 6300 Бованенковского НГКМ. Скважина расположена в зоне погребенного льда и сильнольдистых грунтов. Во время эксплуатации данной скважины приустьевая зона стала оттаивать и проседать, при этом необходимо было постоянно засыпать грунтом образовавшуюся приустьевую воронку. Возникла необходимость срочной термостабилизации грунтов основания устья скважины. Так как грунт был уже растеплен, то после монтажа системы охлаждения ее подземная часть (охлаждающие вертикальные и соединительные трубы), не успев заморозить грунты приустьевой зоны, под действием просевшего грунта деформировалась. Было принято решение остановить работу скважины и смонтировать новую систему ВЕТ на опорной раме для предотвращения ее просадки (Приложение Б). Для обеспечения промораживания грунтов скважина была выключена из работы. Менее чем за три весенних месяца система ВЕТ успела произвести замораживание, что обеспечило отсутствие просадок грунта в летний период, когда многолетнемерзлые грунты имеют свою максимальную температуру. В дальнейшем, с учетом опыта заморозки устья скважины 6300, на эксплуатационных скважинах, в основаниях которых залегают сильнольдистые грунты (просадочные при оттаивании), под каждую систему ВЕТ устанавливается опорная рама. Опорная рама также необходима на действующих скважинах, где произошло растепление грунтов и наблюдаются приустьевые воронки. В ходе проектирования систем термостабилизации устьев газовых скважин происходит постоянное совершенствование раскладки

охлаждающих труб, исключаяющих их пересечение, устройство компенсаторов для компенсации деформаций труб при возможных осадках системы вместе с грунтом. Все вышеперечисленные меры обеспечивают высокую надежность систем ВЕТ, а значит, и устойчивость нефтегазодобывающих скважин в процессе эксплуатации.

Можно сделать вывод, что температурная стабилизация грунтов с применением системы ВЕТ:

1. Обеспечивает устойчивость грунтового основания приустьевой зоны нефтяных и газовых скважин.
2. Позволяет сократить расстояния между скважинами с 20 м до 10–12 м.
3. Гарантирует отсутствие деформаций скважин и опор трубопроводной обвязки скважин.

3.7 Результаты проведенного исследования

Все вышеперечисленные технологические решения проблемы растепления вечномерзлых грунтов вокруг скважины решают главный недостаток традиционного решения этой проблемы, а именно уменьшают размер кустовой площадки вследствие сокращения допустимого расстояния между устьями. Но не все эти способы возможно применять повсеместно. На основе анализа предложенных технологических решений разработаны рекомендации по их применению.

Система ВЕТ

Наиболее экономичным способом является применение системы ВЕТ. Применение системы ВЕТ рекомендуется в тех условиях, где отсутствует доступ к электроэнергии, либо затраты на нее очень велики. Данная система работает в автоматическом режиме, поскольку конденсация паров хладагента и дальнейшая перекачки его по системе происходит за счет естественной конвекции и силы тяжести, и не требует затрат электроэнергии. Помимо этого, использование этой системы возможно в тех местах, где размещение надземных элементов невозможно, ввиду того, что конденсаторный блок может быть вынесен за 70 м от скважины. Преимуществом этой системы является более эффективное поддержание грунта в мерзлом состоянии в сравнении с другими методами. Недостатком вертикальных систем охлаждающих устройств является затруднительность их ремонта и обслуживания.

Термоизолирующее направление

Наиболее экологичен метод с применением термокейсов, поскольку он не требует установки какого-либо дополнительного оборудования, которое могло бы загрязнить атмосферу или литосферу в случае аварии. Также ввиду уменьшения размеров кустовой площадки снижается площадь негативного влияния на окружающую природу.

Однако данный метод недостаточно надежно обеспечивает термоизоляцию ММП в устьевой зоне добывающей скважины, так как при их использовании не учитываются возможные сезонные перепады температур.

Для устранения данных недостатков предлагается дополнительная установка термоэлектрических модулей Пельтье на термоизолирующее направление обсадной трубы (рисунок 3.10).

Термоэлектрические модули устанавливают не по всей длине наружной трубы, а в интервалах, где имеется каверноопасные зоны ММП. Данная установка позволит сохранить устойчивость скважины вне зависимости от сезонных перепадов, достичь максимальной жесткости конструкции и обеспечит надежность закрепления ствола в приустьевой зоне.

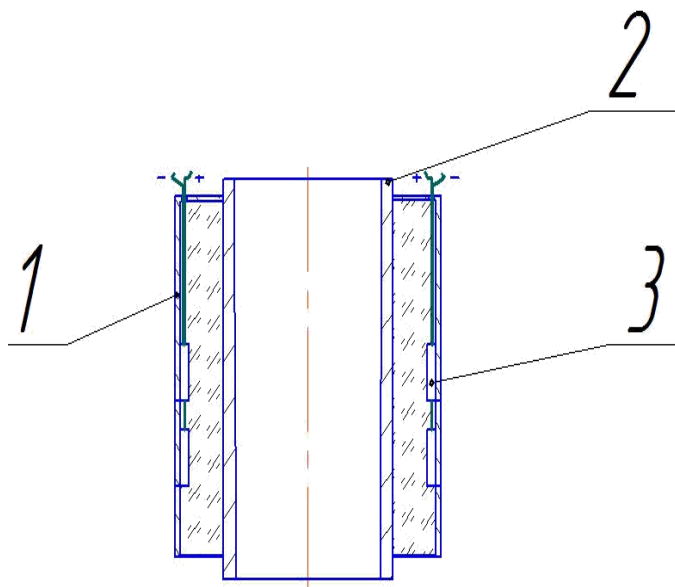


Рисунок 3.10 – Направление с термоэлектрическим модулем Пельтье

1 - труба наружная; 2-направление; 3 - термоэлектрический модуль

Пельтье

Охлаждение пластовым газом

Данное изобретение может быть использовано в течение всего периода разработки месторождения независимо от величины давления пластового газа.

Данное изобретение может быть реализовано на скважинах Бованенковского, Харасовэйского, Крузенштерновского и других месторождений полуострова Ямал, расположенных в зоне с суровыми климатическими условиями, которые характеризуются холодной, продолжительной зимой (около 9 месяцев) с абсолютным минимумом температуры до минус 52°С и прохладным коротким летом (около 2-х месяцев).

Но ввиду того, что данный способ все же допускает незначительное растепление и влечет за собой значительные капитальные вложения, использование данного метода как основного для предотвращения растепления не рекомендуется.

Охлаждение буровым раствором

Многочисленные эксперименты показали, что для обеспечения нерастепления пород температура промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину, должна быть в пределах от 0 до – 2,5 0°С и по возможности близкой к температуре окружающих пород. При бурении скважин роторным и турбинным способами считается, что для предупреждения осложнений в процессе бурения температура жидкости должна быть близкой к 0°С. В последние годы при бурении скважин все чаще отказываются от технологии применения охлажденных жидкостей, как неэкономичной ввиду высокой стоимости холодильного оборудования.

Скважинные влагоотделители

Применение скважинных влагоотделителей с целью предотвращения растепления многолетнемерзлых пород рекомендуется применять только в том случае, когда обеспечивается достаточное осушение воздуха в скважине. Только так появятся достаточные условия для предупреждения растепления

мерзлоты, как в призабойной части, так и по всей скважине, и для сохранения керна.

В другом случае, многократно возрастет энергоемкость искусственного охлаждения воздуха, которая будет резко возрастать с увеличением глубины охлаждения, что приведет к значительным капитальным затратам. Также достаточное охлаждение ММП будет обеспечиваться только у устья скважины.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Кондратьеву Дмитрию Алексеевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТИМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/профиль	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску; стоимость интернета – 360 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда: 30 % премии – за отсутствие недостатков в работе 20 % надбавки - за профессиональное мастерство 1,3 районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений: 27,1% - отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования; 2.Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований; 3.Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1.Структура работ в рамках научного исследования. 2.Определение трудоемкости выполнения работ. 3.Разработка графика проведения научного исследования. 4. Бюджет научно-технического исследования. 5.Основная заработная плата исполнительной темы. 6.Дополнительная заработная плата исполнительной темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Прочие расходы 9.Формирование бюджета затрат научно-

	исследовательского проекта.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. <i>Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки</i> 2. <i>Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений.*
2. *Матрица SWOT.*
3. *Альтернативы проведения НИ.*
4. *График проведения и бюджет НИ.*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ.*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.05.2017 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова И.С.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Кондратьев Дмитрий Алексеевич		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Основным продуктом для потенциальных потребителей, которые представлены нефтегазовыми компаниями, является оборудование для охлаждения грунта вокруг устья скважин. Строим карту сегментирования рынка услуг (таблица 1) для различных видов данного оборудования.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка услуг

		Вид оборудования		
		Вертикальная охлаждающая трубчатая система	Термостабилизаторы на основе модуля Пельтье	Холодильные агрегаты для охлаждения бурового раствора
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			



- «Сургутнефтегаз»



- «Томскгазпром»



- «Татнефть»

Вывод: Использование вертикальной охлаждающей трубчатой системы выгодно только для крупных компаний, поскольку такая система может использоваться для охлаждения нескольких скважин одновременно, и её установка для охлаждения только одной скважины нерациональна. Термостабилизаторы на основе модуля Пельтье крупным компаниям также важны, поскольку помимо своей основной задачи, а именно охлаждения многолетнемерзлых пород приустьевой зоны скважины, за счет эффекта Пельтье они могут использоваться и для прогрева грунта, что позволяет ускорить процесс бурения скважины. Внедрение специальных холодильных

агрегатов для охлаждения бурового раствора также играет важную роль для любых компаний, поскольку помимо самого грунта буровой раствор будет охлаждать долота и другие бурильные инструменты, и это уменьшает воздействие на них коррозии и других вредных факторов.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крите- рия	Баллы			Конкурентоспо- собность		
		Б _Ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _Ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,1	3	4	2	0,3	0,4	0,2
2. Ремонтопригодность	0,13	2	2	4	0,26	0,26	0,52
3. Надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4. Простота ремонта	0,12	4	3	4	0,48	0,36	0,48
5. Удобство в эксплуатации	0,11	2	4	3	0,22	0,44	0,33

6. Уровень шума	0,08	4	5	2	0,32	0,4	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	3	5	0,24	0,24	0,4
3. Цена	0,1	2	3	4	0,2	0,3	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	2	0,24	0,18	0,12
5. Послепродажное обслуживание	0,07	3	2	4	0,21	0,14	0,28
Итого	1	35	37	37	2,95	3,2	3,27

Б_ф – Вертикальная охлаждающая трубчатая система;

Б_{к1} – Термостабилизаторы на основе модуля Пельтье;

Б_{к2} – Холодильные агрегаты.

По таблице 2 видно, что наиболее эффективно использовать холодильные агрегаты, так же они являются наиболее конкурентоспособными к другим видам, так как обладают рядом преимуществ. В частности, холодильные агрегаты обладают малыми размерами, являются переносными, что позволяет использовать их повторно на других скважинах, а также могут использоваться и для других целей, помимо охлаждения вечномерзлых пород.

$$k1 = \frac{Бф}{Бк1} = \frac{35}{37} = 0,945; k2 = \frac{Бк2}{Бк1} = \frac{37}{37} = 1 \quad (1)$$

4.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены ниже.

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:

C1: Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих для исследования;

C2: Возможность обслуживания нескольких скважин;

C3: Использование 3D моделирования.

Слабые стороны научно-исследовательского проекта:

Сл1: Сложность при установке;

Сл2: Более сложная конструкция, соответственно более трудоемкие работы по ТО и Р, по сравнению с термостабилизаторами и холодильными агрегатами.

Возможности:

B1: Сотрудничество с изготовителями конденсаторных блоков;

B2: Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;

B3: Повышение стоимости конкурентных разработок.

Угрозы:

У1: Отсутствие спроса на новые производства;

У2: Низкое финансирование;

У3: Высокая конкуренция в данной отрасли.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 3, таблице 4, таблице 5, таблице 6.

Таблица 3 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	+	-	0
	B2	-	-	-	+
	B3	0	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C2, B2C3.

Таблица 4 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3

проекта	B1	-	-	+
	B2	0	+	-
	B3	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл3.

Таблица 5 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	+	-
	У2	-	+	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1С3, У2С2.

Таблица 6 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	0
	У2	+	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У2Сл1, У2Сл3.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 7).

Таблица 7 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1: Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих для исследования; С2: Возможность обслуживания нескольких скважин; С3: Использование 3D моделирования; С4: Использование других видов охлаждающих труб.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Сложность при установке; Сл2: Более сложная конструкция, соответственно более трудоемкие работы по ТО и Р, по сравнению с термостабилизаторами и холодильными агрегатами; Сл3: Низкий КПД конденсаторных блоков.
Возможности: В1: Сотрудничество с изготовителями конденсаторных блоков; В2: Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В3: Повышение стоимости	В1С2 – обслуживание нескольких скважин при использовании конденсаторных блоков; В2С3 – развитие 3D моделирования при использовании инфраструктуры ТПУ.	В1Сл3 – применение изготовителями новых блоков питания, повышающих КПД конденсаторных блоков. В2Сл2 – разработка новой упрощенной конструкции с помощью

конкурентных разработок.		инновационной инфраструктуры ТПУ.
Угрозы: У1: Низкое финансирование; У2: Высокая конкуренция в данной отрасли.	У1С3 – возможность получения гранта при развитии технологий 3D моделирования; У2С2 – возможность использования модели на нескольких скважинах повысит её конкурентоспособность.	У2Сл1 – применение более упрощенной схемы установки термостабилизаторов позволит повысить конкурентоспособность товара; У2Сл3 – увеличение КПД конденсаторного блока повысит её мощность и расширит потенциальный спектр потребителей.

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Реализация метода предусматривает следующие этапы:

1. Точная формулировка проблемы исследования: предложить новую эффективную конструкцию устройства для охлаждения грунта – охлаждающей трубчатой системы.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица. Результаты

морфологической матрицы для охлаждающей трубчатой системы приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Морфологическая матрица для охлаждающей трубчатой системы

Элементы системы	1	2	3	4
А. Вид трубы	Гладкостенные	С пористым покрытием	С наполнителем	
Б. Тип конденсаторного блока	ККБ воздушного охлаждения с осевыми вентиляторами и	ККБ воздушного охлаждения с центробежным и вентиляторами	ККБ водяного охлаждения	ККБ с выносным конденсатором
В. Тип установки	Вертикальная	Горизонтальная		
Г. Хладагент	Аммиак	Углекислота	Вода	Метанол
Д. Вид компрессора	Поршневой	Роторный	Винтовой	
Е. Гидрозатворы	Бутылочный	Коленный	С переливом	
Ж. Тип охлаждения	Сезонный	Непрерывный		
З. Дополнительное оснащение	С фиксированной зоной испарения	С теплоизоляцией испарителя	Круглогодичного действия	
И. Тип	С	Парожидкостный	Гладкостенный	

испарителя	внутренним капиллярным покрытием	ой		
------------	--	----	--	--

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Составляющие элементы оригинальной системы объекта исследования представлены в столбце под номером 1.

Также можно предложить следующие варианты: A1B2B1Г1Д2Е2Ж2З1И2; A2Б1В2Г2Д1Е1Ж1З2И1; А3Б4В1Г4Д3Е3Ж1З1И3.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: - определение структуры работ в рамках научного исследования; - определение участников каждой работы; - установление продолжительности работ; - построение графика проведения научных исследований. Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка тех. задания	1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследования	Исполнитель проекта
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта
	4	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель проекта, Исполнитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение явления растепления ММП	Исполнитель проекта
	6	Исследование существующих решений проблемы растепления	Исполнитель проекта
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта, Исполнитель проекта
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта, Исполнитель проекта

2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (2)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

3. Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 52$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (4)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Испол- нители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	$t_{\min}$, Чел- дни	$t_{\max}$, Чел- дни	$t_{\text{ож}}$, Чел- дни			

Составление и утверждение тех. задания	1	2	1,4	Руководитель	1,4	2
Выбор направления исследования	2	4	2,8	Руководитель	2,8	4
Календарное планирование работ по теме	2	4	2,8	Руководитель Исполнитель проекта	1,4	2
Подбор и изучение материалов по теме	6	10	7,6	Исполнитель проекта	7,6	10
Изучение явления растепления ММП	6	12	8,4	Исполнитель проекта	8,4	11
Исследование существующих решений проблемы растепления	6	10	7,6	Исполнитель проекта	7,6	10
Оценка результатов исследования	5	7	5,8	Руководитель, Исполнитель проекта	2,9	4
Составление пояснительной	7	14	9,8	Руководитель,	4,9	6

записки				Исполнитель проекта		
---------	--	--	--	------------------------	--	--

На основе таблицы 10 строим план график, представленный в таблице 11.

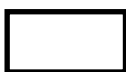
Таблица 11 - Календарный план график проведения НИР по теме

№ р	Вид работ	Испол- нители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ										
				Фев.		Март			Апрель			Май		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	2											
2	Выбор направления исследования	Р	4											
3	Календарное планирование работ по теме	Р,Д	2											
4	Подбор и изучение материалов по теме	Д	10											
5	Изучение явления растепления ММП	Д	11											
6	Исследование существующих решений проблемы растепления	Д	10											

7	Оценка результатов исследования	Р, Д	4											
8	Составление пояснительной записки	Р, Д	6											



- руководитель (Р)



- дипломник (Д)

4. Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Таблица 12 - Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	1,4	1,839	2,574

2	Выбор направления исследования	Руководитель	2,8	1,839	5,149
3	Календарное планирование работ по теме	Исполнитель проекта	2,8	0,908	2,542
4	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, Исполнитель проекта	7,6	2,747	20,877
5	Изучение явления растепления ММП	Исполнитель проекта	8,4	0,908	7,627
6	Исследование существующих решений проблемы растепления	Исполнитель проекта	7,6	0,908	6,901
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта	5,8	2,747	15,932
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта	9,8	2,747	26,921

Итого:	88,523
--------	--------

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}, \quad (6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{42637 \cdot 10,4}{241} = 1839 \text{ руб.}, \quad (7)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 13 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих дней: - выходные - праздничные	66	66
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	58	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	241	217

Месячный должностной оклад работника:

$$З_m = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 18221 \cdot (1 + 0,3 + 0,5) \cdot 1,3 = 42637 \text{ руб.} \quad (8)$$

где $З_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_t и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 14 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{тс}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	$З_m$, тыс. руб.	$З_{дн}$, тыс. руб.	T_p , раб. дн.	$З_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	18,221	0,3	0,5	1,3	42,637	1,839	18	33,118
Исполнитель	14,584	0	0	1,3	18,959	0,908	40	36,32

проекта								
Итого:								69,438

5. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 33118 = 4305 \text{ руб; (9)}$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 36320 = 4721 \text{ руб, (10)}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

6. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (33118 + 4305) = 10141 \text{ руб, (11)}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ

установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 15 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель	33118	4305
Исполнитель проекта	36320	4721
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	10141	

7. Прочие расходы

Прочие расходы учитывают затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата услуг интернет-кафе, расходы на различные канцтовары (бумага, ручки), размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З = (36 * d_{ик}) + (10 * d_p) + d_б = (36 * 50) + (10 * 20) + 230 = 2230 \text{ руб.} \quad (12)$$

где $d_{ик}$ – стоимость использования компьютера в интернет-кафе (за час);

d_p – стоимость ручки;

$d_б$ – стоимость упаковки бумаги.

8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	69438	
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4305	
3. Отчисления во внебюджетные фонды	10141	
4. Прочие расходы	2230	
5. Бюджет затрат НТИ	86114	Сумма ст. 1-4

4.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{86114}{86114} = 1, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 17 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Вертикальная охлаждающая трубчатая система	Термостатизаторы на основе модуля Пельтье	Холодильные агрегаты
1. Безопасность	0,15	5	4	3

2. Удобство в эксплуатации	0,15	2	4	3
3. Срок службы	0,2	3	4	2
4. Ремонтопригодность	0,15	2	2	4
5. Надёжность	0,25	4	4	3
6. Материалоёмкость	0,1	4	3	2
Итого:	1	3,35	3,6	2,85

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 2 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 2 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 3,35 \quad (15)$$

$$I_p = 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 3,6 \quad (16)$$

$$I_p = 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 2 = 2,85 \quad (17)$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у термостабилизатора на основе модуля Пельтье.

Таким образом, данный термостабилизатор остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НТИ равный 86114 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Кондратьеву Дмитрию Алексеевичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТНМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/профиль	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочее место – приустьевая зона скважины. Оборудование: термостабилизатор грунта. Вредные факторы: - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибрации на рабочем месте; Опасные факторы: - поражение электрическим током; - пожароопасность; Воздействие на окружающую среду: - загрязнение атмосферы; - загрязнение гидросферы; - загрязнение литосферы. Возникновение чрезвычайных ситуаций: - пожар при воспламенении хладагента.
2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Физико-химическая природа вредных факторов: - повышенные уровни шума; - повышенные уровни вибрации. Действие факторов на организм человека: - ухудшение слуха; - влияние на нервную систему; - раздражение человека; - нарушение работы сердечно-сосудистой системы; - головные боли; - тошнота. Средства коллективной защиты: - шумопоглощающая изоляция; - звукоизолирующие кожухи; - активные средства виброзащиты.
--	---

	Средства индивидуальной защиты: - противошумные наушники; - противошумные вкладыши; - вибродемпфирующие перчатки; - рукавиц
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Источник опасных факторов: - холодильные машины; - конденсаторные блоки. Средства защиты: - защитные экраны; - термостойкие перчатки; - системы пожаротушения. Причины пожаров: - воспламенение горючих смесей; Профилактические мероприятия: - обучение пожарной ТБ; - контроль оборудования. Первичные средства пожаротушения: - огнетушитель; - песок - система пенного пожаротушения
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Защита селитебной зоны: - Воздействие на атмосферу: выделение выхлопных газов от автотранспорта; залповые выбросы углеводородов при сбросах на продувочные свечи Воздействие на гидросферу: возможное попадание углеводородов в грунтовые воды в случае разрушения скважины. Воздействие на литосферу: разрушение грунта и последующее засорение почвы производственными отходами. Возможное попадание нефтепродуктов в почву. Решения по обеспечению экологической безопасности: - Соблюдение инструкций при операциях по установке охлаждающей системы и эксплуатации компрессорно-конденсаторных блоков;
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на объекте: - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - аварийная остановка при превышении уровня шума; - аварийная остановка при протечке хладагента из конденсаторного блока; В случае возникновения аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 08-624-03 "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности". Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи

	пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке. Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации: 1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели); 2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность);
--	--

Перечень графического материала:

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.05.2017
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Невский Е.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Кондратьев Дмитрий Алексеевич		

5. Социальная ответственность

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

Рабочим местом является приустьевая зона скважины, расположенная на территории распространения многолетнемерзлых пород. Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при термостабилизации вечноммерзлых грунтов вокруг скважины должны быть соблюдены все основные условия.

Целью раздела «Социальная ответственность» является анализ вредных и опасных факторов труда работников при бурении скважины с применением техники и технологии термостабилизации грунтов и разработка мер защиты. В разделе также рассматриваются вопросы техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды.

5.1 Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства» можно выделить следующие вредные факторы производственной при выполнении работ по термостабилизации вечноммерзлых грунтов в приустьевой зоне скважины:

- повышенный уровень шума
- повышенный уровень вибрации на рабочем месте;

К опасным факторам относятся:

- поражение электрическим током
- пожароопасность

Воздействие на окружающую среду оказывают выхлопные газы при работе двигателей транспорта, пыль при отсыпке грунтовых оснований. Также возможны разливы нефтепродуктов и химреагентов. При бурении происходит разрушение грунтов, возможно последующее засорение почвы производственными отходами.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

1. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Технологические процессы являются источником сильного шумового воздействия на здоровье людей, непосредственно участвующих в технологических процессах. Источником сильного внешнего шума на приустьевой площадке при установки термостабилизаторов являются движущиеся машины. В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека.

Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость.

Предельно допустимые значения до 75 децибел, характеризующие шум, нормируется согласно по ГОСТ 27409-97 и регламентируются согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука приведены в таблице 1.

Дополнительный шум, вызываемый компрессорно-конденсаторным блоком ССАМ-140N, составляет 69 дБ, и не превышает общего уровня,

поэтому какое-либо дополнительное оборудование для защиты от шума не нужно.

Таблица 18 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Основные методы борьбы с шумом:

- снижение шума в источнике;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;

2. Повышенный уровень вибрации на рабочем месте

Источником вибрации на площадке монтажа являются машины, оборудование и технологические процессы. Воздействие вибрации на человека классифицируется:

- по способу передачи вибрации на человека;
- по направлению действия вибрации;
- по временной характеристике вибрации.

Защита от вибрации:

- применяют рукавицы или перчатки следующих видов: со специальными виброзащитными упруго-демпфирующими вкладышами, полностью изготовленные из виброзащитного материала.

- виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями к руке.
- использовать обувь на толстой резиновой или войлочной подошве.

При защите от вибраций важную роль играет рациональное планирование режима труда и отдыха. Суммарное время воздействия вибрации не должно превышать $2/3$ продолжительности рабочей смены. Необходимо устраивать перерывы для активного отдыха, проводить физиопрофилактические процедуры, производственную гимнастику и т.д.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

1. Поражение электрическим током

При термоизоляции грунта вокруг устья скважины источником поражения электрическим током могут быть: холодильные машины, конденсаторные блоки.

Наибольшую опасность для жизни и здоровья человека оказывают повышенные значения напряжения в электрической цепи, замыкание которых может произойти через тело человека при приближении на расстояние менее допустимого к не изолированным токоведущим частям и элементам оборудования, находящимся под напряжением, а также при перемещении и работе в зонах растекания тока замыкания на землю, влияния электрического поля и наведенного напряжения.

Действие электрического тока на человека носит многообразный характер. Проходя через организм человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое, биологическое и механическое действие. Это многообразие действий электрического тока может привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическим ударам.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации регламентируются ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатуры видов защиты».

Для предотвращения опасных ситуаций для жизни человека проводятся мероприятия по электробезопасности, которые включают в себя:

- все токоведущие части электрических устройств изолированы
- по способу защиты человека от поражения электрическим током изделия средств автоматического управления соответствуют классам 1 и 2 и классу 3 по ГОСТ 12.2.007-03;
- все потребители электроэнергии имеют заземление или зануление согласно ГОСТ 12.1.030-96;
- все части устройств, находящиеся под напряжением размещены в корпусах, обеспечивающих защиту обслуживающего персонала;
- устройства снабжены световыми индикаторами включения питающей сети.

2.Пожароопасность

Одним из основных элементов термостабилизирующей установки является компрессорно-конденсаторный блок, в котором происходит подготовка хладагента для дальнейшего испарения в теплообменнике. В случае попадания воздуха в хладагент могут образоваться горючие смеси, случайное воспламенение которых может привести к пожару.

При производстве работ на кусте буровые и вышкомонтажные бригады, а также бригады по освоению должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения, в т.ч. не менее четырех огнетушителей ОП-5 и двух ОП-100. Все бытовые и служебные помещения должны быть оборудованы средствами пожаротушения в соответствии с требованиями правил пожарной безопасности. На приустьевой площадке в зоне конденсаторного блока должна быть установлена система пенного

пожаротушения, состоящая из резервуара с водой, насосной станции, сети пенных трубопроводов.

5.4 Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны

Работа по термоизоляции приустьевой зоны скважины производится непосредственно на месторождении вдали от населенных пунктов, вследствие этого никаких мер для защиты селитебной зоны предпринимать нет необходимости.

Воздействие на атмосферу

При работе двигателей транспорта выделяются выхлопные газы. В процессе продувки аппаратов в атмосферу выделяются различные загрязняющие вещества. При сбросах на продувочные свечи и факела происходят залповые выбросы углеводородов.

Воздействие на гидросферу

При не соблюдении правил установки термоизоляции возможно последующее растепление околоскважинных грунтов с последующим разрушением скважины и попаданием углеводородов в грунтовые воды. Система охлаждения позволяет стабилизировать температуру грунта, что позволит избежать аварий на скважине.

Воздействие на литосферу

Во время установки термоизоляции приустьевой зоны скважины происходит разрушение грунта и последующее засорение почвы производственными отходами. В случае растепления вечномерзлых пород вокруг скважины возможно ее разрушение с попаданием нефтепродуктов и химреактивов в почву, а также появление термокарста вследствие

вытаивания подземного льда, что приведет к появлению воронок и провалов вокруг скважины. С установкой термостабилизаторов вокруг устья скважины вероятность растепления прилегающих вечномёрзлых пород сильно снижается.

Решения по обеспечению экологической безопасности

Соблюдение инструкций при операциях по установке охлаждающей системы и эксплуатации компрессорно-конденсаторных блоков. Рациональное планирование мест и сроков проведения работ. Соблюдение нормативов отвода земель. Предусмотреть сбор отходов, места и условия их временного хранения, вывоз для утилизации, уничтожения, захоронения остатков нефтепродуктов и реагентов. Для уменьшения вредных выбросов применить рециркуляцию дымовых газов. Сокращение неорганизованных выбросов, очистка и обезвреживание вредных веществ. При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам. Для предотвращения загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, уменьшения пожарной опасности и улучшения условий труда рекомендуются установки герметичного налива и слива, стационарные шланговые устройства, системы автоматизации процессов сливно-наливных операций.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Источниками пожара на объекте строительства скважины являются легко воспламеняемые горючие материалы и вещества, использующиеся как хладагент в конденсаторном блоке.

Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий

по предупреждению пожаров. Общие требования пожарной безопасности изложены в Федеральном законе от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 13.07.2015).

Мероприятия по пожарной безопасности разделяются на четыре основные группы:

- предупреждение пожаров, т.е. исключение причин их возникновения;
- ограничение сферы распространения огня;
- обеспечение успешной эвакуации людей и материальных ценностей из очага пожара;
- создание условий для эффективного тушения пожара.

Допуск работников к проведению работ должен осуществляться после прохождения ими противопожарного инструктажа. Если происходит изменение специфики работ, то необходимо провести внеочередной инструктаж. Вся передвижная техника в зоне проведения работ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления.

Для соблюдения противопожарной безопасности на территории строительства площадки необходимо выполнять требования:

- запрещается курить на территории проведения строительно-монтажных работ.

В процессе строительства установки термостабилизатора на приустьевой зоне скважины (применение пайки, сварки, работа с электроинструментом) и обслуживании существует возможность возникновения пожара. В зависимости от размера и расположения очага, в качестве средств пожаротушения применяются следующие средства:

- первичные средства пожаротушения;
- огнетушители переносные, передвижные, стационарные углекислотные;

- пожарные рукава.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 08-624-03 "Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности". Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

В рабочем проекте на строительство скважин в условиях ММН должны быть предусмотрены технические и технологические решения, направленные на сохранение скважины на весь период ее эксплуатации. Изменение проектных решений подлежат согласованию с разработчиком проекта и Управлением округа.

В случае потери устойчивости крепи скважины в зоне ММП вследствие их протавивания необходимо приостановить работы на скважине и принять меры по выявлению причин и устранению осложнения. Возникшее осложнение должно быть расследовано с составлением акта.

Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации: 1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели); 2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность).

Заключение

В ходе выполнения работы были детально изучены структура и классификация мерзлых пород, рассмотрены основные свойства и изучено их влияние на процесс строительства скважины. Выявлены основные проблемы, возникающие при строительстве и эксплуатации скважин в вечномёрзлых грунтах, и последствия, к которым они могут привести. Детально исследованы существующие методы решения проблемы растепления мерзлых пород, изучены схемы специальных охлаждающих устройств.

Особое внимание было уделено анализу достоинств и недостатков всех предложенных решений проблемы растепления вечномёрзлых пород. Проведенный анализ позволил дать рекомендации по применению этих методов при различных условиях работы скважины, с учетом их индивидуальных особенностей.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, в ходе которого сделали оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, а также SWOT-анализ проекта с определением его сильных и слабых сторон с последующей оценкой угроз и возможностей. Были определены возможные альтернативы проведения научных исследований. Также посчитан бюджет НТИ, равный 86114 руб.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ возможных вредных и опасных факторов. В качестве вредных факторов выявлены повышенный уровень шума и вибрации, опасных - поражение электрическим током и пожароопасность. Рассмотрено влияние на окружающую среду и предложены мероприятия для обеспечения экологической безопасности. Чрезвычайная ситуация определена в виде пожара на объекте строительства скважины.

Список использованных источников

1. Маслов А.Д. Основы геокриологии: учебное пособие [Текст] / А.Д. Маслов, Г.Г. Осадчая, Н.В. Тумель, Н.А. Шполянская. – Ухта: Институт управления, информации и бизнеса, 2005. – 176 с.: ил.
2. Медведский Р.И. Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномёрзлых породах. — М.: Недра, 1987,— 230 с., ил.
3. Кудряшов Б. Б., Чистяков В. К., Литвиненко В. С. К 88 Бурение скважин в условиях изменения агрегатного состояния горных пород.—Л.: Недра, 1991.—295 с.:ил.
4. Бурение в вечной мерзлоте больше не проблема. [Электрон. ресурс] – 2014. – URL: <http://neftegaz.ru/science/view/963-Burenie-v-vechnoy-merzlote-bolshe-ne-problema>
5. Быков, И.Ю. Термозащита конструкций скважин в мерзлых породах [Текст]: учеб. пособие / И.Ю. Быков, Т.В. Бобылёва. – Ухта: УГТУ, 2007. – 131 с.: ил.
6. Василевский Виталий Викторович. Повышение эксплуатационной надёжности газовых и нефтяных скважин в многолетнемерзлых породах: диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.17.- Москва, 2002.- 162 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/130-5
7. Кондренко, Олег Сергеевич. Совершенствование технологии крепления скважин в условиях многолетнемерзлых пород: на примере Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения : диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.15 / Кондренко Олег Сергеевич; [Место защиты: Сев.-Кавказ. гос. техн. ун-т].- Ставрополь, 2012.- 182 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/3587
8. Термоизолирующие обсадные трубы. [Электрон. ресурс] – 2014. – URL: <http://www.zaospk.ru/catalog/termoizoliruyushchee-napravlenie-obsadnoy-truby/>
9. Термостабилизирующая система ВЕТ [Электрон. ресурс] – 2016. – URL: <http://www.npo-fsa.ru/termostabiliziruyushchaya-sistema-vet>

10. Термостабилизатор на основе эффекта Пельтье [Электрон. ресурс] – 2015. – URL: <http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/6544/s006-026.pdf?sequence=1>
11. Андреев О.Ф., Смирнов В.С., Глебовский А.М. и др. Характеристика осложнений на эксплуатационных газовых скважинах // В сб.: Бурение и эксплуатация газовых скважин в районах Крайнего Севера. М.: ВНИИГАЗ, 1977. - С. 12-18.
12. Антипов В.И., Курляндский А.С. Снятие обсадной колонны в каверне многолетнемерзлых пород // Нефтяное хозяйство. 1987, № 12. - С. 27-29.
13. Буслаев В.Ф., Быков И.Ю. Предупреждение аварий и осложнений при строительстве скважин в многолетнемерзлых породах: Учебное пособие. Ухта: УИИ, 1995.-88 с.
14. Быков И.Ю. Причины осложнений при бурении и эксплуатации скважин в криолитозонах // В сб. Проблемы освоения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Труды, вып. 6. М.: ВНИИОЭНГ, 1978, с. 53-58.
15. Грязнов Г.С. Особенности глубокого бурения скважин в районах вечной мерзлоты. М.: Недра, 1969. - 169 с.
16. Дегтярёв В.В. Методы защиты скважин в мерзлоте: Обзор патентов // В сб. Бурение и эксплуатация газовых скважин в районах Крайнего Севера. М.: ВНИИГаз, 1977.-с. 160-170.
17. Ершов Э.Д. Физикохимия и механика мерзлых пород. М.: Изд. МГУ, 1986.- 336 с.
18. Мазуров Г.П. Физико-механические свойства мерзлых грунтов. Л.: Стройиздат, 1975. - 216 с.
19. Щербань А.Н., Черняк В.П. Прогноз и регулирование теплового режима при бурении глубоких скважин. М. : Недра 1974. - 185 с.
20. Серпенский В.А., Рябченко В.И. , Проселков Ю.М. и др. Регулирование температуры в стволе скважины в процессе бурения // ОИ ВНИИОЭНГ. -М., 1972.-36 с.

- 21.Полозков, А.В. Исследование условий работы скважины с термической изоляцией в зоне вечной мерзлоты [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Полозков. – М.: МИНХ и ГП, 1976. – 135 с.

Приложение А

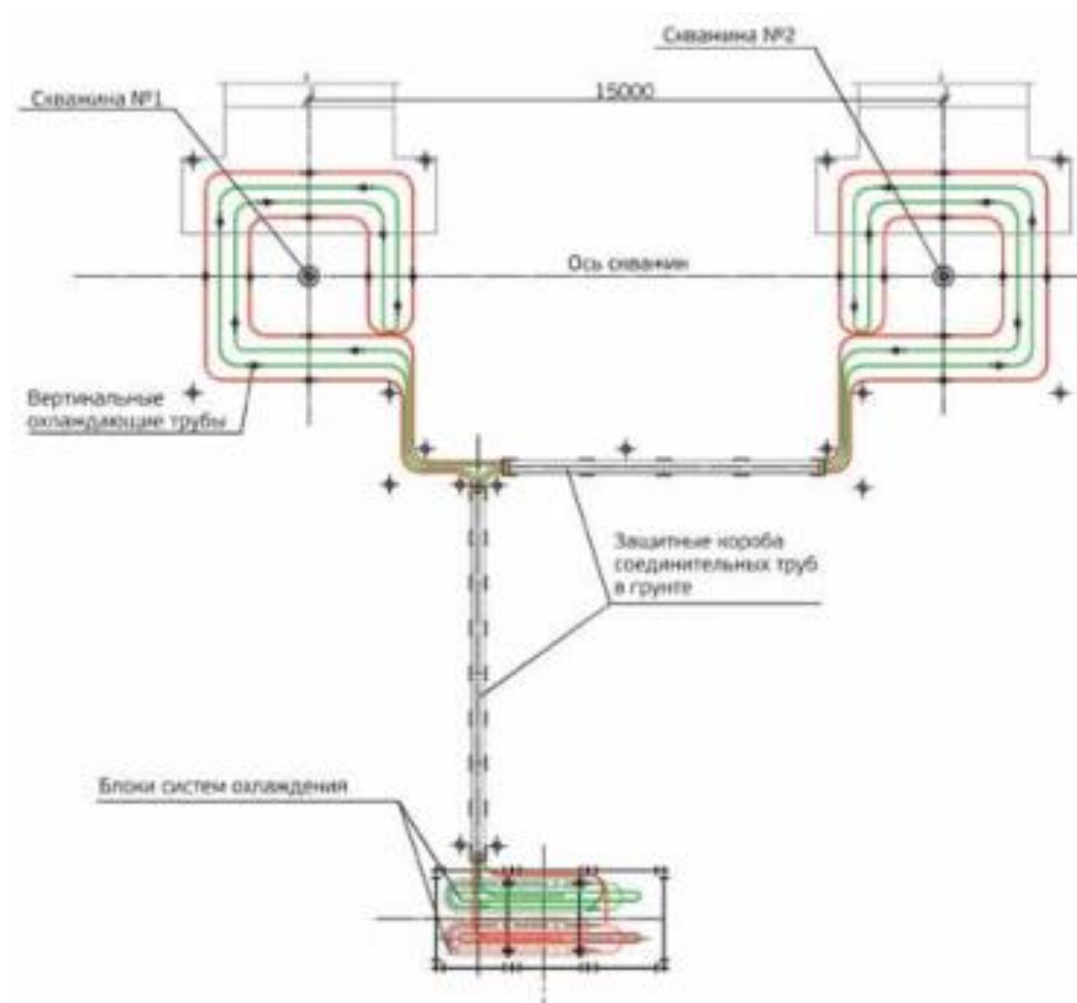


Рисунок А.1 – Схема температурной стабилизации площадки куста газовой скважины

Приложение Б



Рисунок Б.1 – Система охлаждения грунтов ВЕТ на опорной раме