

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 подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|--|
| Исследование технологических решений при бурении скважин в вечномерзлых грунтах |

УДК 622.24:551.345-047.37

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| 4Е31 | Колесников Александр Сергеевич | | |

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»
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
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: | 01.06.2017 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 15.04.2017 | <i>Теоретическая часть работы</i> | 40 |
| 5.05.2017 | <i>Анализ технологических решений</i> | 40 |
| 15.05.2017 | <i>Разработка рекомендации по применению методов</i> | 10 |
| 20.05.2017 | <i>Устранение недочетов работы</i> | 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> |

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| P5 | Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах. | Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> |
| P6 | 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> | | |
| P7 | 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> |
| P8 | 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> |
| P9 | Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс | Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. |

| | | |
|-----|---|--|
| | действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия. | 5.2.7, п. 5.2.8), 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»
Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
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 | Колесникову Александру Сергеевичу |

Тема работы:

| | |
|---|-------------------------------|
| Исследование технологических решений при бурении скважин в вечномёрзлых грунтах | |
| Утверждена приказом директора ИПР | Приказ № 2305/С от 07.03.2017 |

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 01.06.2017 |
|--|------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p>Исследование технологических решений про бурении скважин в вечномёрзлых грунтах</p> |
|---|---|

| | |
|--|--|
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в данной области; 2. Анализ технологических решений при бурении скважин в вечномёрзлых грунтах и последующей разработкой рекомендаций по их применению; 3. Финансовый менеджмент 4. Социальная ответственность 5. Выводы по работе. |
|--|--|

| | |
|--|---|
| <p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p> | <p>Схема агрегата УВ-10, схема воздушного циклона, схема электродвигателя, схема работы агрегата УВ-10, схема противозаморающего устройства, схема крепления скважин в многолетнемерзлых породах.</p> |
|--|---|

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

| Раздел | Консультант |
|--|---------------|
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Антонова И.С. |
| Социальная ответственность | Невский Е.С. |

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

—

| | |
|---|------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 06.02.2017 |
|---|------------|

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 | Колесников А.С. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 93 с., 6 рис., 17 табл., 19 источников.

Ключевые слова: бурение, мерзлые породы, буровые растворы, воздух, газожидкостные системы.

Объектом исследования являются осложнения возникающие при бурении скважин в вечномёрзлых грунтах.

Цель работы – исследование технологий бурения скважин в вечномёрзлых грунтах и выявление наиболее подходящей для освоения Арктических широт.

В процессе исследования проводились литературный обзор причин возникновения осложнений и рассмотрение методов, устраняющих возникновение осложнений.

В результате исследования были проанализированы основные методы борьбы с осложнениями, и предложены наиболее эффективные из них.

Определения обозначения, сокращения, нормативные ссылки

«Нормативные ссылки»

1. ГОСТ 17.1.3.05 – 82 «Охрана природы, гидросфера, общие требования к охране поверхностных и подъемных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами.»
2. ГОСТ 12.0.003 – 74 «ССБТ Опасные и вредные факторы производства»
3. ГОСТ 12.1.003 – 83 «Шум. Общие требования безопасности»
4. ГОСТ 12.1.029 – 80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация»
5. ГОСТ 26568 – 85 «Коллективные средства защиты от вибрации»
6. ГОСТ 12.0.004 – 90 «Техника безопасности»
7. ГОСТ 12.1 0180 – 93 «Электростатическая безопасность»
8. ГОСТ 12.4.041 – 89 «Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие»

«Обозначения и сокращения»

ММП – многолетнемерзлые породы

ГЖС – газожидкостные смеси

ПСМС – полые стеклянные микросферы

АПСМС – аппретированные полые стеклянные микросферы

Оглавление

| | |
|---|----|
| Введение..... | 13 |
| 1. Обзор литературы..... | 15 |
| 2. Исследование технологии бурения скважин в вечномёрзлых грунтах..... | 17 |
| 2.1. Технологии бурения скважин в условиях Крайнего Севера..... | 17 |
| 2.2. Анализ сложностей при проходке и крепе скважин..... | 22 |
| 2.3. Классификация мерзлых пород..... | 31 |
| 2.4. Вывод по главе II..... | 37 |
| 3. Анализ технологических решений проблем при бурении скважин в вечномёрзлых грунтах..... | 38 |
| 3.1. Бурение скважин с продувкой воздухом..... | 38 |
| 3.2. Бурение скважин с применением газожидкостных систем..... | 47 |
| 3.3. Бурение скважин с применением глинистых растворов | 50 |
| 3.4. Цементирование скважин с применением облегченного тампонажного раствора..... | 52 |
| 3.5. Вывод по главе III..... | 57 |
| 4. Финансовый менеджмент..... | 61 |
| 4.1. Потенциальные потребители результатов исследования..... | 61 |
| 4.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований..... | 69 |
| 4.3. Планирование научно-технических работ..... | 71 |
| 4.4. Бюджет научно-технического исследования..... | 75 |
| 4.5. Определение ресурсоэффективности проекта..... | 81 |
| 5. Социальная ответственность..... | 86 |
| 5.1. Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду..... | 86 |
| 5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды..... | 87 |
| 5.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды..... | 88 |

| | |
|---|----|
| 5.4. Охрана окружающей среды..... | 89 |
| 5.5. Защита в чрезвычайных ситуациях..... | 90 |
| 5.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... | 92 |
| Заключение..... | 94 |
| Список использованных источников..... | 95 |

Введение

«Российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном» – это пророческое высказывание великого М.В. Ломоносова было, есть и будет определяющим для экономического, политического и хозяйственного развития России. Область вечной мерзлоты для России - это прежде всего 65 % территории страны, ее стратегический тыл, топливно-энергетическая база и валютный цех. Здесь добывается 93% природного газа и 75% нефти, что составляет 70% экспорта нашей страны. В мерзлых породах (нельдонасыщенных) содержатся твердая, жидкая и газообразная фазы, в то время как в льдонасыщенных грунтах газообразная фаза отсутствует, следовательно, выбор территории с вечномерзлыми грунтами является более оптимальным и достаточно выгодным вариантом. Кроме того, глобальные планы России по освоению энергоресурсов в зоне вечной мерзлоты требуют больших вложений для обустройства месторождений, организации их инфраструктуры, строительства объектов военного и гражданского назначения, укрепления и расширения заполярных портов и береговой линии стратегических объектов. В этой связи особую актуальность приобретают инновационные и энергоэффективные технологии, используемые в районах вечной мерзлоты.

В последние годы истощение сырьевых ресурсов планеты повысило интерес к запасам полезных ископаемых, скрытых вечной мерзлотой, так как основная часть новых месторождений нефти и газа разрабатывается в северных широтах на вечной мерзлоте. Человеку необходимо осваивать данную территорию, а для этого нужны наиболее подходящие технологии бурения скважин в вечномерзлых грунтах.

Кроме того, сокращение сроков строительства скважин и освоения новых месторождений нефти и газа во многом зависит от эффективности применяемых технологий бурения скважин. Так как в связи со сложными горно-геологическими и природно-климатическими условиями, слабо развитой инфраструктурой, отдаленность баз материально-технического обеспечения

обуславливают увеличение сроков строительства скважин и связанных с ними затрат.

В процессе бурения в вечномёрзлых грунтах возникают сложности. Самый эффективный способ их предотвращения является грамотный выбор способа и технологического решения, способного иметь достаточно высокую производительность и надёжность. Из рассмотренных технологий в работе, будет выбрана наиболее высокоэффективная для повышения производительности в вечномёрзлых грунтах.

Цель: исследование технологий бурения скважин в вечномёрзлых грунтах и выявление наиболее подходящей для освоения Арктических широт

Задачи:

- проанализировать технологии бурения скважин в вечномёрзлых грунтах;
- провести анализ технологических решений бурения скважин;
- выбрать и обосновать наиболее подходящую технологию для освоения Арктических широт.

1. Обзор литературы

В России более половины территории приурочено к зонам распространения многолетнемерзлых пород, 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.

Строительство и эксплуатация скважин в районе распространения ММП приводят к нарушению их термического режима, следствием которого являются серьезные осложнения, такие как кавернообразование при бурении под кондуктор, низкое качество цементирования, неустойчивость приустьевых площадок в период бурения и эксплуатации скважин, разрыв и смятие колонн при их простое и т. п.

Автор работы [1] впервые в мире выполнил анализ огромного объема промысловых данных по бурению различных разведочных скважин в районах Крайнего Севера Советского Союза за период с 1932 по 1955 г. По существу, работы представляют подробное и фундаментальное описание и анализ первого в мире промышленного опыта внедрения техники и технологии бурения скважин в районах распространения ММП.

Автор работ [2, 3] одним из первых подробно описал осложнения при бурении глубоких скважин в ММП, где, в частности, отмечается, что «при бурении скважин промывочная жидкость, имеющая температуру от 10 до 20 °С в зависимости от времени года, растепляет мерзлые породы. Ранее сцементированная кристаллами льда масса частиц теряет связь, и происходит осыпание, или обвал стенок скважин. Это разрушение пород из-за растепления еще более опасно при потере циркуляции, часто наблюдаемой в переходной зоне от мерзлых к талым породам, когда в зависимости от интенсивности ухода жидкости в пласты понижается уровень жидкости в скважине и, следовательно, уменьшается противодавление на стенки скважины. В таком случае, если своевременно не принять соответствующих мер, дальнейшее углубление скважины будет сильно затруднено, а иногда и невозможно».

В статье [4] автор отмечает, что «в настоящее время большинство действующих скважин на месторождениях Крайнего Севера имеют обычную конструкцию и сооружены по технологии, разработанной для южных районов.

Проходка скважин через зону ММП с промывкой глинистым раствором, имеющим положительную температуру, приводит к их протаиванию и смыву, особенно в неустойчивых интервалах разреза, в которых породы сцементированы льдом. При этом наблюдаются: интенсивное кавернообразование, размыв устья, резкое повышение содержания выбуренной породы в промывочной жидкости, образование пробок, затяжки и прихваты инструмента».

Лучший путь избежать осложнений при строительстве и эксплуатации скважин состоит в том, чтобы на базе современной техники бурения и эксплуатации скважин противодействовать нежелательным явлениям на основе технических решений. Для этого нужно знать ряд свойств, определяющих реакцию пород в составе мерзлой толщи на тепловое воздействие.

Практика показывает, что проблема эксплуатации не исчерпывается одним только воздействием тепла скважин на мерзлые породы. Не менее существенно охлаждение самого источника этого тепла потоком нефти или газа со стороны мерзлых пород. Таким образом, возникает еще одна задача - обеспечение благоприятного температурного режима для эксплуатации скважин.

2. Исследование технологии бурения скважин в вечномерзлых грунтах

2.1. Технологии бурения скважин в условиях Крайнего Севера

Вечная мерзлота (многолетняя криолитозона, многолетняя мерзлота) - часть криолитозоны, характеризующаяся отсутствием периодического протаивания. Общая площадь вечной мерзлоты на Земле — 35 млн. км². Районы многолетней мерзлоты — верхняя часть земной коры, температура которой повышается с севера от – 8 до – 1 °С. В южной зоне вечномерзлые грунты находятся в пластично-мерзлом состоянии и имеют температуру около 0°С.

До недавнего времени считалось, что максимальная глубина распространения ММП составляет 600-700 м. Однако бурение и исследования Мархинской скважины в северо-западной части Якутии позволили установить распространение ММП до глубины 1400 м с температурой в интервале 250—1400 м до минус 3°С.

Основное отличие в методике и технологии бурения скважин в мерзлых породах определяется:

1. наличием низких отрицательных температур в зоне развития мерзлых пород, вызывающих замерзание жидкости в скважине в случае вынужденного перерыва в бурении даже на самое непродолжительное время;
2. высокой чувствительностью мерзлых пород к нарушению их теплового режима, вследствие чего в растепленной скважине возникают осложнения, на ликвидацию которых затрачивается много времени и средств;
3. существенным изменением физических свойств пород (плотность породы, ее температура, теплопроводность, проницаемость, электропроводность и прочее) одного и того же минерального состава при переходе влаги из жидкой фазы (вода) в твердую (лед) при замерзании.

Наличие всей влаги в жидкой фазе в порах морозных пород не влечет за собой изменений физических свойств последних, поэтому для их разбуривания

должны применяться те же режимы, что и при бурении в породах с постоянной положительной температурой.

Отрицательные температуры мерзлых пород в различных районах колеблются в достаточно широких пределах (от 0 до -13 °С):

1. мерзлые породы в поймах больших рек и в непосредственной близости от больших глубоких озер характеризуются отрицательной температурой – обычно от 0 до -2 °С;
2. мерзлые породы береговых террас и водораздельных пространств имеют температуру от $-3,5$ до $-4,8$ °С, а в высоких широтах – до -13 °С.

Распространение мерзлых пород по глубине неодинаково и зависит в основном от геолого-географических условий залегания пород, близости больших рек и озер, наличия минерализованных вод, не замерзающих при данной температуре. Толщина мерзлых пород на отдельных площадях достигает более 570 м. Нижняя граница распространения мерзлых пород перемещается к дневной поверхности в поймах больших рек и понижается в надпойменных террасах этих рек, а также в районах, удаленных от больших рек и озер.

С точки зрения технологии бурения породы с постоянной отрицательной температурой могут быть разделены на две группы:

1. постоянно мерзлые породы, большая часть влаги в которых находится в твердой фазе (лед); к породам этой группы рекомендуется применять термин «мерзлая порода»;
2. постоянно мерзлые породы, вся влага в которых находится в жидкой фазе (вода); к породам этой группы рекомендуется применять термин «морозная порода».

К породам, имеющим положительную температуру, применять термин «не мерзлые породы». При бурении скважин важно установить отметки нижней границы мерзлых пород, содержащих лед. Эта граница лежит всегда выше изотермы с нулевой температурой. Толщина действующего слоя зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются среднегодовая температура воздуха и теплопроводность горных пород.

На температуру пород действующего слоя влияют также атмосферные осадки, растительный и снеговой покров, текстура и влажность породы, степень обнаженности и расположения породы по отношению к странам света.

Влияние теплопроводности горных пород на толщину действующего слоя сказывается в том, что лед, являясь лучшим проводником тепла, чем обычная вода, увеличивает теплопроводность мерзлой породы, поэтому теплопроводность пород действующего слоя может значительно влиять на интенсивность промерзания и на глубину проникновения холода в породу.

Толщина действующего слоя колеблется в широких пределах: от 0,2 до 0,5 м – для мха и торфа, от 0,5 до 1,5 м – для супесей и суглинков, от 0,9 до 1,6 м – для песков с щебнем и гальки и от 0,8 до 3,8 м – для щебнистых отложений.

Переход влаги из жидкой фазы в твердую (лед) при замерзании существенным образом изменяет физические свойства породы (плотность породы, ее температуру, теплопроводность, проницаемость, электропроводность и прочее) одного и того же минерального состава.

Указанные изменения физических свойств пород при их замерзании, в основном, и обуславливают применение режимов бурения значительно отличающихся от таковых в породах с положительной температурой.

В связи с распространением буровых работ в разнообразных географических районах и природных условиях, возникновением и развитием новых технических средств и технологии проходки скважин (мелкоалмазный буровой инструмент, высокоскоростные буровые станки, снаряды со съемными кернаприемниками, применение для очистки забоя газообразных агентов, незамерзающих жидкостей, полимерных и аэрированных растворов, стабилизированной пены, термомеханические и тепловые способы разрушения пород, их замораживание в процессе бурения и др.), интенсификацией буровых процессов, резким увеличением реализуемой на забое мощности, увеличением глубин разведочных и эксплуатационных скважин до 6 тыс. м и более, в связи с проблемой достижения мантии Земли температурный фактор в современных условиях приобретает все более важное значение. Во многих случаях

температура циркулирующей в скважине промывочной среды становится одним из основных параметров режима бурения, определяющим не только производительность и качество, но часто и саму возможность успешной проходки скважин. Важность тщательного учета, регулирования и использования температурного фактора особенно остро проявляется в условиях Севера и Северо-Востока, в области распространения ММП, как при колонковом разведочном бурении на твердые полезные ископаемые или в целях инженерных изысканий, так и при глубоком вращательном бурении на нефть и газ.

Наличие мерзлоты в разрезе предъявляет ряд специфических требований к технологии проходки и крепления скважин. Высокая чувствительность цементированных льдом рыхлых отложений и разрушенных коренных скальных пород к нарушению их температурного и агрегатного состояния, определяющее влияние аккумулярованного горными породами холода на ствол скважины и протекающие в нем процессы являются причинами частых, разнообразных по своей природе и тяжелых по последствиям осложнений. Главной причиной этих осложнений является недоучет температурного фактора, нарушение нормального температурного режима скважины, при котором интенсивность теплообменных процессов между мерзлыми породами и циркулирующей в скважине промывочной средой остается в допустимых пределах, не вызывающих нарушения их фазового состояния.

Задача надежного предупреждения осложнений, обоснования и отработки рациональной и эффективной технологии бурения в мерзлых породах исключает односторонний подход. Необходимо постоянно учитывать тепловое взаимодействие промывочной среды и мерзлых пород. Примерами неверного подхода являются известные в практике попытки применять нагретую воду или глинистый раствор в целях борьбы с замерзанием, что приводило к нарушению связности цементированных льдом пород и их обрушению, обвалам и тяжелым авариям. Значительно результативнее оказалось применение солевых и подсоленных глинистых растворов, но и в этих случаях осложнения не устранялись полностью из-за недоучета необходимости поддерживать

температуру раствора в должных пределах и растворяющего действия соли на лед.

Возможность искусственного регулирования температуры в стволе бурящейся скважины решающим образом зависит от теплофизических свойств промывочной среды. Замена замерзающей при 0°C воды не замерзающим при естественной температуре мерзлоты (до -15°C максимально) достаточно концентрированным водным раствором NaCl или CaCl_2 , беспарафинным дизельным топливом или воздухом еще не решает задачи, не обеспечивает нормального температурного режима скважины при бурении в мерзлоте. Даже охлаждение той или иной незамерзающей промывочной среды на поверхности за счет теплообмена с атмосферным воздухом или мерзлыми породами не гарантирует от осложнений и аварий без знания особенности теплообменных процессов в стволе бурящейся скважины, характера распределения температуры по глубине. Температура жидкой или газообразной промывочной среды различна в каждой точке циркуляционной системы скважины, является результатом нестационарного (зависящего от времени, продолжительности процесса) теплообмена между окружающим скважину массивом мерзлых или «морозных» пород и циркулирующей в скважине промывочной среды и зависит от физических и теплофизических свойств последней. Знание этих свойств для обеспечения нормальной технологии бурения в мерзлых породах недостаточно без знания и учета основных закономерностей теплообмена в бурящейся скважине.

2.2. Анализ сложностей при проходке и крепе скважин

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:

1. классификационные;
2. тепловые;
3. механические.

При этом под классификационными понимаются следующие свойства:

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

Основной причиной осложнений и аварий при строительстве и эксплуатации скважин являются последствия их теплового воздействия на ММП. 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.

Осложнения, возникающие в скважинах, связанные с мерзлотой, являются специфичными для районов Крайнего Севера.

К специфичным осложнениям относятся:

1. обвалы пород со стенок скважин в случаях разрушений (растепления) ствола;
2. частичное или полное поглощение промывочной жидкости порами и трещинами пород «сухой мерзлоты» или толщей охлажденных пород (с влагой в жидкой фазе);

3. примерзание бурильных, колонковых и обсадных труб к стенкам скважин;
4. замерзание жидкости в скважине;
5. смятие обсадных труб;
6. несхватывание (а только смерзание) цемента в скважине с постоянной отрицательной температурой рыхлых осадочных породах.

Характерным для бурения в мерзлых породах является, как правило, одновременное возникновение ряда перечисленных выше осложнений в одной и той же скважине. Примерзание труб к стенкам скважины и замерзание жидкости в стволе происходят в результате недооценки важности соблюдения определенного теплового режима промывки, а, следовательно, теплового состояния ствола как в процессе бурения, так и при выполнении вспомогательных операций.

Смятие обсадных труб происходит в результате замерзания жидкости и породы в затрубном пространстве, вследствие чего за трубами возникают явления пучения, при которых развиваются высокие давления, превосходящие прочность металла обсадных труб.

В подавляющем большинстве мелких и глубоких скважин имеет место размыв кондукторов и направлений по причинам:

1. неудачной конструкции оборудования устья скважины в зоне мерзлых пород;
2. неудовлетворительного проведения работ по цементированию кондукторов и направлений.

Неудовлетворительное цементирование кондукторов и направлений в зоне мерзлых пород является следствием:

1. отсутствия разработанной методики и технологии цементирования скважин в среде с постоянной отрицательной температурой;
2. применения тампонажного цемента низкого качества со значительной потерей его свойств вследствие продолжительной транспортировки от завода-изготовителя к месту работы, часто в плохой

упаковке и не всегда удовлетворительного хранения на местах работ (резкие колебания температуры и влажность воздуха);

3. отсутствия надлежащих технических средств для цементирования скважин (заливочные агрегаты, специальные насосы, гибкие, быстро собирающиеся трубопроводы высокого давления и пр.);

4. не всегда удовлетворительной проработки ствола перед спуском кондуктора, из-за чего последний часто не доходит до проектной глубины, что приводит, в свою очередь, к вынужденной «висячей» заливке цемента, не обеспечивающей устойчивость кондуктора и герметичность затрубного пространства.

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.

Принятое определение избыточной льдистости пригодно при равномерном распределении льда в грунте, соответствующем массивной, слоистой и сетчатой текстурам. Единичные прослои 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.

Классификационные свойства мерзлых пород (льдистость, температура, зерновой состав песчаных и консистенция глинистых грунтов) имеют огромное значение для прогнозирования осложнений на всех этапах строительства и эксплуатации скважины, в то время как для их предупреждения необходимо

дополнительно располагать сведениями о тепловых и механических свойствах пород.

Так, при промывке скважин с использованием жидкости с положительной температурой основными осложнениями являются вынос породы и обусловленное им кавернообразование, размыв устья, подмыв грунта под опорами ног вышек, воронки и провалы, которые зависят только от того, имеются ли в разрезе скважины избыточно льдистые или несцементированные породы.

Как это заметил впервые А.В. Марамзин, порода со слабыми или отсутствующими минеральными связями (в основном рыхлый песок) легко разрушается при бурении с образованием каверн, при наличии же минеральных связей в породе бурить можно с промывкой жидкостью любой температуры и любого качества без осложнений[1].

Соответственно этому признаку прогнозирования осложнений при промывке породы разделены на два класса: рыхлые и крепкие. Г.С. Грязнов называет их соответственно неустойчивыми и устойчивыми к бурению[2].

К неустойчивым породам, помимо несцементированных, можно отнести также избыточно льдистые грунты и отдельные прослои льда.

Температура мерзлых пород в определенных условиях также влияет на процесс проводки скважин. Так, с понижением температуры неустойчивых пород кавернообразование в них при прочих равных условиях уменьшается. В этом аспекте снижение температуры породы положительно сказывается на проводке. С другой стороны, чем ниже их температура, тем быстрее происходит замерзание промывочной жидкости при перерывах в бурении. Образовавшаяся в стволе скважины ледяная пробка при возобновлении бурения требует проработки ствола, в противном случае может произойти прихват труб или инструмента, если они были оставлены в нем. Кроме того, с понижением температуры мерзлых пород возрастает вероятность примерзания к стенкам скважины бурильной или обсадной колонн, особенно когда их спуск производится при низкой температуре воздуха. Отрицательные последствия

температурного фактора чаще всего происходят при малом диаметре ствола, характерном для колонковых скважин. При хорошо организованном бурении эти осложнения обычно не встречаются.

Цементирование кондукторов, вне зависимости от температуры окружающих пород, должно обеспечивать герметизацию затрубного пространства кондуктора, а также удерживать его в неподвижном состоянии, предупреждать возможность роста давления в заколонном пространстве при обратном промерзании, целостность эксплуатационной колонны скважины при протаивании мерзлых пород.

Последние две задачи необходимо решать не только путем качественного цементирования кондуктора, но и соответствующим подбором конструкции скважин. Поэтому их целесообразно отнести к качеству крепления скважин и рассматривать отдельно от первых двух.

Удержание кондуктора в неподвижном состоянии предполагает исключение вертикальных перемещений: вверх под действием давления нефтяного или в особенности газового пласта при закрытом превенторе, вниз под действием веса превентора или подвешенной на кондукторе очередной колонны и горизонтальных перемещений верха колонны.

Герметизация затрубного пространства кондуктора исключает пропуск нефти или газа из нижележащего пласта через затрубное пространство и разобщает пласты в интервале кондуктора.

Поставленные задачи полностью решаются цементированием по обычной технологии, если мерзлая толща сложена устойчивыми мерзлыми породами. Если скважина бурилась с использованием промывочной жидкости с положительной температурой, то опасность замерзания цементного раствора до твердения практически отсутствует ввиду прогрева стенок при промывке. При необходимости ускорения твердения цементного раствора и набора прочности в устойчивой части разреза мерзлых пород, так же как и под их подошвой, можно обеспечить благоприятный для формирования цементного камня температурный режим любым из следующих способов или их комбинацией:

1. повышением температуры воды при затворении тампонажной смеси;
2. повышением температуры внутри кондуктора в период ОЗП путем циркуляции нагретой жидкости или любым другим способом;
3. применением тампонажных смесей, выделяющих при затворении количество тепла, достаточное для поддержания необходимой температуры в период схватывания;
4. использованием рецептур незамерзающих тампонажных смесей, затвердевающих при пониженных температурах.

В условиях севера Тюменской области широко применяется первый из перечисленных способов в комбинации с ускорителем схватывания, одновременно обеспечивающей затвердевание цемента при пониженной температуре (хлористый кальций).

Однако если в разрезе мерзлой толщи имеются неустойчивые мерзлые породы, то в интервале их залегания практически невозможно обеспечить сплошность цементного камня и его сцепление со стенкой скважины по целому ряду причин. В первую очередь, в кавернозном интервале практически невозможно обеспечить полное вытеснение глинистого раствора цементным, который даже при появлении на поверхности в дальнейшем оседает на дно каверны, в то время как глинистый раствор всплывает вверх. Кроме того, сползание в кольцевое пространство отдельных выступающих масс породы со стенок скважины охлаждает тампонажный раствор на контакте с породой и ухудшает качество сцепления в тех интервалах, где вытеснение было полным. Высокого качества сцепления цементного камня с избыточно льдистыми породами не удастся достигнуть, даже применяя промывочные жидкости с отрицательной температурой и тампонажные смеси, твердеющие при температуре мерзлых пород ввиду их растепления при бурении стволов под очередные колонны. Растепление продолжается при дальнейшей эксплуатации, если, конечно, не применять теплоизоляцию обсадных и эксплуатационных колонн.

Отсюда следует, что обычная технология цементирования не позволяет в кавернозном интервале решить задачу разобщения пластов, что, однако, не всегда может служить причиной осложнения. Сплошность цементного камня и его сцепление со стенками необходимы только для разобщения высоконапорных горизонтов. Если их нет в разрезе мерзлой толщи, как и газогидратных залежей, то задачу разобщения можно не решать. Остальные же задачи решаются цементированием по обычной технологии с небольшими дополнениями.

Вертикальные перемещения вверх под действием давления нефтяного или газового пласта при закрытом превенторе и пропуске нефти или газа из нижележащего пласта в затрубное пространство исключают установкой кондуктора на необходимую глубину ниже кавернозного интервала. В практике бурения на севере Тюменской области эта глубина составляет 50—200 м. Улучшение технологии промывки значительно увеличивает глубину спуска кондуктора ниже подошвы мерзлых пород.

А исключение вертикальных перемещений вниз под действием веса превентора или подвешенной на кондукторе очередной колонны, и горизонтальных перемещений верха колонны обеспечивают привариванием металлических хомутов к кондуктору. Этот способ широко используется для тех же целей при бурении скважин с морских оснований.

Однако такое фиксирование кондуктора на поверхности, обеспечивая нормальный процесс бурения, недостаточно, если скважина предназначена для дальнейшей эксплуатации.

Отсутствие тампонажного материала за верхними обсадными трубами кондуктора может служить причиной его оседания в результате потери устойчивости, а также горизонтального смещения при температурной деформации выкидных линий. Поэтому при бурении эксплуатационных скважин необходимо заполнять заколонное пространство тампонажным материалом.

Эта задача решается установкой направления на глубине залегания первого глинистого пласта мощностью 3—5 м. Глинистые пласты в мерзлой

части разреза, как правило, не подвергаются размыву и обвалам, и ствол скважины против них сохраняет свой номинальный диаметр.

Если самый верхний интервал разреза сложен глинистыми породами или глинистый пласт достаточной мощности залегает на небольшой глубине (до 20—30 м), то направление может не применяться, а пространство за верхними обсадными трубами цементируется через насосно-компрессорные трубы, спущенные рядом с кондуктором на глубину до 25 — 30 м непосредственно с устья скважины. Для этого сначала восстанавливают циркуляцию бурового раствора при максимальной подаче насоса до сплошного выхода потока жидкости по затрубному пространству, после чего закачивают обработанный хлоридом кальция цементный раствор.

Если же нет необходимости в разобщении отдельных пластов в интервале мерзлых пород, а остальные требования удовлетворены цементированием низа кондуктора в интервале устойчивых пород, то дополнительные требования к морозостойкости цементного камня отпадают.

Таким образом, при отсутствии в разрезе мерзлой толщи газогидратных залежей и напорных горизонтов осложнения предупреждаются качественным цементированием в интервале талых пород. Нужно отметить, что именно такой путь решения задачи был впервые высказан А.В. Марамзиным, который рекомендует для предупреждения смятия при обратном промерзании заполнять заколонное пространство в интервале мерзлых пород незамерзающей жидкостью. Поскольку при существующей технологии строительства скважин бурение под кондуктор немедленно сменяется бурением под очередные колонны, то затрубное пространство за кондуктором все время имеет положительную температуру. Исключение составляет период времени, когда задерживается ввод в эксплуатацию и скважина ставится на консервацию. Именно в этот период происходят обратное промерзание и сопутствующее ему повышение давления в затрубном пространстве [1].

Известно, что конечная величина давления, возникающего в замкнутом объеме при замерзании содержащейся в нем воды, определяется только

возможным понижением температуры с градиентом 13,43 МПа на один градус ниже нуля. При температуре мерзлых пород выше $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление не может подняться более 26,86 МПа. Такая величина давления допустима для двухколонной конструкции скважины, т.е. минимального числа колонн в конструкции глубоких скважин. При меньшей температуре мерзлой толщи указанная конструкция не всегда в состоянии выдерживать возникающее при обратном промерзании давление.

2.3. Классификация мерзлых пород

Взаимное отношение естественной температуры и избыточной льдистости позволяет классифицировать мерзлую толщу на четыре специфических типа, отличающихся друг от друга разным характером воздействия на скважину при протаивании и обратном промерзании. Каждому типу мерзлых пород при проектировании конструкций скважин соответствуют свои защитные мероприятия [5].

Первый тип мерзлоты, представленный на Медвежьем и Уренгойском месторождениях, допускает неограниченное протаивание и не налагает на конструкцию скважины никаких ограничений.

В самом деле, минимальное число колонн (две), характерное для глубоких скважин, уже достаточно для того, чтобы предотвратить смятие колонны при заколонном или внутриколонном промерзании. В частности, межколонное и внутри колонное промерзание, наблюдающиеся в разведочных скважинах на Медвежьем и Уренгойском месторождениях, приводили к образованию ледяных пробок внутри колонны подъемных труб, но случаев смятия или порыва колонн не фиксировалось. Протаивание при отсутствии избыточной льдистости приводит к напряжениям, которые колонна свободно выдерживает.

Второй тип мерзлых пород по тем же причинам не требует никаких защитных мероприятий против протаивания, что, кстати, подтверждается опытом эксплуатации скважин на месторождении Прудо, однако требует проявить осторожность к последствиям обратного промерзания. Защита от

замерзания жидкости в межколонном и внутриколонном пространствах необходима, однако проведение защитных мероприятий против закопнного замерзания жидкости зависит от пластических свойств окружающего массива горных пород.

Так, если стенка каверны, в которой происходит замерзание жидкости, содержит только один пластичный глинистый пропласток, то этого достаточно, чтобы величина конечного давления существенно снизилась.

Если мерзлая порода представлена третьим типом, то обратное промерзание не представляет опасности для обычной конструкции глубокой скважины с числом колонн не меньше двух. Однако при определенных механических свойствах окружающего массива горных пород может потребоваться защита от последствий протаивания, выбор которой зависит от глубины и мощности избыточно-льדיстых прослоев. Так, если избыточно-льדיстые прослои находятся в верхней части разреза, т.е. представлены сингенетически промерзшими породами четвертичного возраста, то их просадка не отразится на целостности колонн, однако повлечет за собой деформацию дневной поверхности, представляющей угрозу для околоскважинного оборудования. Если же избыточно-льдистый пласт расположен на большой глубине, то работа скважины в конечном итоге приведет к образованию глубинного термокарста, перераспределению напряжений в массиве пород и увеличению нагрузок на колонну. И в том и в другом случае масштабы протаивания зависят от многих факторов: соотношения температур скважины и окружающих пород, типа применяемой Изоляции, теплофизических свойств горных пород. При определенном сочетании этих факторов нежелательные последствия протаивания могут вообще не проявляться в период работы скважины, и это можно установить заранее проведенным расчетом. Непременным условием правильности такого прогноза, безусловно, является знание температуры мерзлых пород и их теплофизических характеристик.

Выбор типа теплоизоляции определяется названными факторами и конечным сроком эксплуатации скважины, а также технико-экономическими

факторами. Например, при больших глубинах избыточно-льדיстого прослоя применение активной теплозащиты экономически невыгодно. В этом случае наиболее эффективным мероприятием будет или пассивная теплоизоляция, или увеличение прочности колонн за счет повышения толщины стенок и сортамента стали, или, наконец, спуск дополнительной колонны. Конечно, окончательный вывод можно сделать после проведения расчетов нагрузки, возникающей при образовании полости термокарста. Это, в свою очередь, предполагает знание прочностных (механических) характеристик грунта. Если прослой с избыточным содержанием льда расположены в приповерхностном слое, то может быть полезным предупреждение протаивания или посредством вентиляционных патрубков, или конвентивных тепловых труб. В отдельных случаях можно допустить протаивание, а его последствия устранять периодической подсыпкой околоскважинной территории песком.

При четвертом типе мерзлоты скважину необходимо защищать и от осадки пород, и от смятия при обратном промерзании комбинацией защитных средств, перечисленных выше.

При выборе их немаловажное значение имеет совпадение глубин низкой температуры и избыточной льдистости. Может оказаться, что глубины их не совпадают, и тогда скважина нуждается в механическом объединении защитных средств, указанных для мерзлых пород второго и третьего типов. Однако при совпадении их глубин эффективным мероприятием может оказаться пассивная теплоизоляция, поскольку в этих условиях время достижения температуры таяния на входной поверхности сравнимо со сроком службы скважины при соответствующем подборе теплоизоляции. С другой стороны, пластические свойства избыточнольדיстого пропластка ограничивают рост давления при обратном промерзании до безопасных величин. Универсальным защитным мероприятием для данного типа пород является повышение прочности конструкции скважины.

Таким образом, по температуре и избыточной льдистости можно сделать вывод о том, будет ли происходить осадка или смятие. Однако обосновать

необходимость применения защиты от последствий обратного промерзания или протаивания по этим двум факторам можно только приблизительно, что приводит к перерасходу средств на строительство скважин.

Для выбора соответствующих средств защиты скважин также необходимо располагать данными о геологическом строении мерзлых пород, их мощности и литологическом составе, механических и тепловых составах.

В противном случае изложенная выше классификация мерзлых пород не в состоянии служить основой для окончательного суждения о конструкции скважины, оставаясь, тем не менее, полезной. Отказ от защитных мероприятий требует особого обоснования.

После подробного обсуждения классификационных показателей мерзлой толщи отметим, какие тепловые и механические свойства являются необходимыми для прогноза и предупреждения осложнений при строительстве и эксплуатации скважин, пробуренных в районе распространения вечномерзлых пород.

К тепловым свойствам относятся теплопроводность, объемная теплоемкость и температуропроводность, причем первые два из этих свойств являются независимыми, а третье может быть определено по известным двум расчетным путем.

Эти свойства в сочетании с температурой мерзлых пород и температурой скважины позволяют судить об эффективности пассивной и активной теплоизоляции, скорости процессов протаивания и обратного промерзания, а также выбрать эффективный режим работы устройства по предупреждению последствий обратного промерзания, если это устройство основано на тепловом воздействии.

Таким образом, теплопроводность, объемная теплоемкость и температуропроводность нужны для прогноза тепловых явлений, происходящих в породе в начальном мерзлом состоянии, и дают определенную основу для управления этими процессами.

К параметрам, характеризующим механические свойства, значения которых необходимы для выбора надежной конструкции скважины, относятся: модули деформации при сжатии и сдвиге, предельное напряжение сдвига, величины сцепления и угла внутреннего трения.

Модули деформации при сжатии и сдвиге вместе с предельным напряжением сдвига при мерзлом или морозном состоянии нужны для оценки величин, возникающих при обратном промерзании давлений. Определенные для талого состояния, эти свойства вместе с величинами сцепления и угла внутреннего трения могут служить для оценки нагрузок на колонну скважины при протаивании породы вокруг нее, как было сказано выше, наиболее опасные напряжения на конструкцию скважины возникают при образовании каверн вблизи подошвы мерзлоты вследствие большой избыточной льдистости отдельных прослоев.

Знание величин сцепления и угла внутреннего трения позволяет предсказать величину возникающих дополнительных нагрузок, которые может выдержать конструкция скважины, а знание теплофизических свойств — указать момент достижения ими максимальных значений, в зависимости от качества теплоизоляции скважин.

Перечисленные выше три группы свойств можно получить при бурении параметрических скважин на всю мощность мерзлых пород с отбором керна и его последующим исследованием в полевых и лабораторных условиях. При небольших размерах нефтяного или газового месторождения достаточно одной такой параметрической скважины, пробуренной в его центральной части. Если месторождение имеет большие размеры и вдобавок вытянуто в меридиональном направлении, то нужно как минимум две параметрические скважины в южной и северной частях месторождения. При сильном расхождении свойств мерзлых пород возникает необходимость в бурении третьей параметрической скважины в центральной части месторождения.

Бурение параметрических скважин целесообразно проводить с одновременной разведкой на воду в межмерзлотных толщах или под мерзлой

толщей. При благоприятных результатах разведки сбор информации нужно продолжить, поскольку она полезна и для других месторождений.

Следует отметить, что приборное обеспечение для исследования глубины мерзлых пород недостаточно, особенно это касается определения механических свойств.

Безответственное отношение и несвоевременное принятие мер по предупреждению и ликвидации осложнений в ММП может привести к необратимым последствиям.

2.4. Вывод по главе II

Половина территории России характеризуется распространением многолетнемёрзлых пород (ММП), к которым приурочены основные запасы нефти и газа. Выявлены два основных типа осложнений, такие как протаивание и обратное промерзание прискважинной зоны. Протаивание в свою очередь может вызвать интенсивное кавернообразование, просадку колонн, приустьевые провалы и воронки в просадочных породах. Обратное промерзание может вызвать образование ледяных пробок, вмерзание и прихват бурильных труб, а также смятие колонн. Существующий отечественный и зарубежный опыт строительства скважин в ММП и последующая их эксплуатация показали, что недостаточная изученность геокриологических условий, необоснованный выбор технико-технологических и проектных решений имеет причинно-следственную связь с возникновением аварий и осложнений.

3. Анализ технологических решений проблем при бурении скважин в вечномерзлых грунтах

3.1. Бурение скважин с продувкой воздухом

В последние годы при бурении скважин в качестве газообразных продуктов применяют сжатый воздух и азот. Сжатый воздух используют при бурении ММП, при отсутствии интенсивных водопритокков в скважину. Определенные трудности возникают при малых притоках воды в скважину. В первом случае за счет значительного обогащения жидкостью сжатого воздуха, циркулирующего в скважине, и потере газообразным очистным агентом специфических технологических свойств. При малых водопритоках или при поступлении воды в скважину за счет растепления мерзлых пород из-за агрегирования частиц разбуренной породы происходит образование сальников, особенно при бурении в глинах или глинодержащих породах. Это приводит к нарушению нормального процесса циркуляции сжатого воздуха, вплоть до полного ее прекращения, снижению эффективности бурения. Для борьбы с этим предложено применять пенообразователи и гидрофобизирующие добавки [6, 7].

Особая технология, используемая при работе с сжатым воздухом, выработалась при бурении в мерзлых породах. Перед подачей в скважину сжатый воздух искусственно охлаждают до заданной температуры и осушают. Доказано, что при охлаждении до минус 1 °С обеспечиваются нормальные условия углубки скважин в мерзлых породах, цементирующим материалом которых служит лед. Осушение сжатого воздуха до отрицательных температур, соответствующих точке росы, находящихся в нем паров положительно отражается на эффективности бурения скважин за счет удаления из воздуха конденсата. Осушение воздуха позволяет снизить указанное ранее требование по его охлаждению. Осушенный до температуры росы, меньшей минимальной температуры мерзлых пород, сжатый воздух с положительной температурой на входе в скважину может быть эффективен для бурения в морозных породах.

При наличии в геологическом разрезе мерзлых пород, таликовых зон и при поступлении в скважину подземных вод возможные осложнения

(сальникообразования) можно предотвратить поверхностным подмораживанием талых пород в процессе углубки скважины продувкой морозным и осушенным сжатым воздухом.

Методика охлаждения и осушения воздуха с использованием агрегата УВ-10 [8].

Специальный агрегат УВ-10 (рисунок 1) состоит из установленных на общей раме холодильника, воздушного циклона, адсорбера, электроподогревателя, устройства против замерзания жидкости и аппаратов для подачи в воздух спирта и глицерина. Трубчатый водяной холодильник предназначен для охлаждения воздуха после второй ступени компрессора.

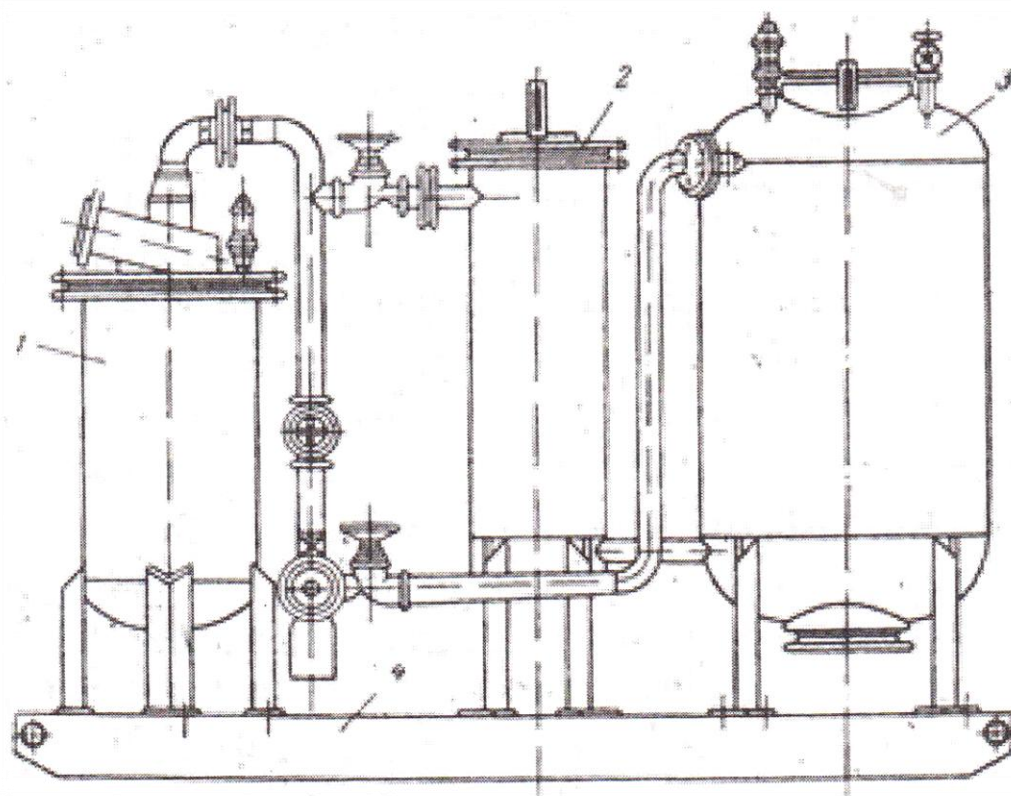


Рисунок 1 – Агрегат УВ-10:

1-воздушный циклон; 2-электроподогреватель; 3-адсорбер; 4-рама.

Воздушный циклон (рисунок 2) представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд со сферическим дном, в верхнюю крышку сосуда вставлена труба со спиральным винтом. Воздух поступает в спираль сверху через направляющий патрубок и по центральной трубке возвращается вверх из циклона.

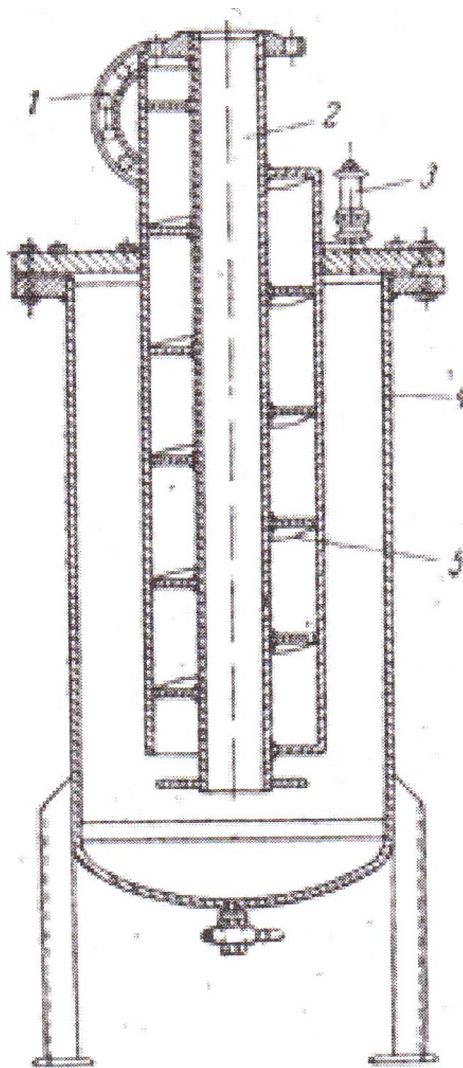


Рисунок 2 – Воздушный циклон:

1-направляющий патрубок (входной); 2-центральная выходная трубка;
3-предохранительный клапан; 4-корпус; 5-спиральный винт.

Электроподогреватель (рисунок 3) представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд, к крышке которого внутри приварена трубка с диском. К диску на болтах прикреплен фланец с тридцатью отверстиями, в которых закреплены тридцать электронагревательных элементов мощностью 0,5 кВт каждый. Концы этих элементов прикрепляются к нижнему фланцу, к которому приварены горизонтальные патрубки с фланцами для впуска и выпуска воздуха.

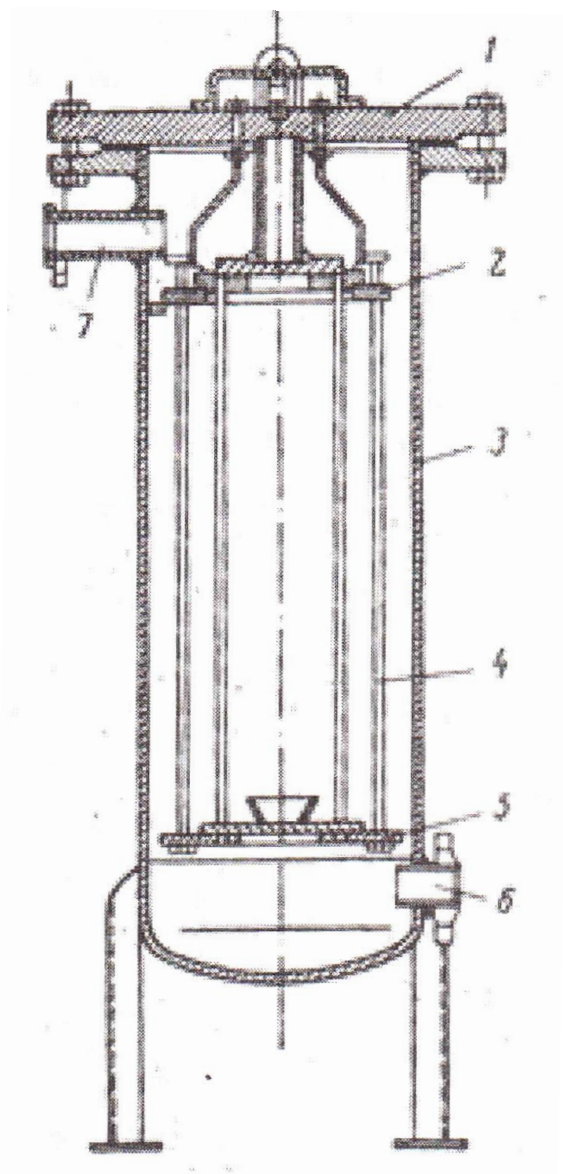


Рисунок 3 – Электродвигатель:

1-крышка; 2-фланец верхний; 3-корпус; 4-электронагреватель; 5-фланец нижний; 6-7 –патрубки.

Адсорбер (рисунок 1) представляет собой сварной сосуд цилиндрической формы с люком, в который загружается адсорбирующий материал. В верхней части сосуда имеются два отверстия для установки предохранительного клапана и термометра и отверстие с вентилятором для выпуска подогретого воздуха в атмосферу в процессе регенерации.

Установка УВ-10 работает по следующей технологической схеме (рисунок 4). Воздух из компрессора 1 под давлением 7-8 кг/см² и при температуре 100-130 °С поступает через ресивер 2 в холодильник 3, где

охлаждается до температуры 5-10 °С, при этом в холодильнике происходит частичное выделение из воздуха масла и влаги. Из холодильника воздух через направляющий патрубок поступает в спираль воздушного циклона 4, где за счет уменьшения скорости его движения, изменения направления и величины возникающих при этом центробежных сил происходит дальнейшее выделение из него влаги, которая по трубе, расположенной внутри сосуда, стекает на дно и через нижний вентиль периодически выпускается.

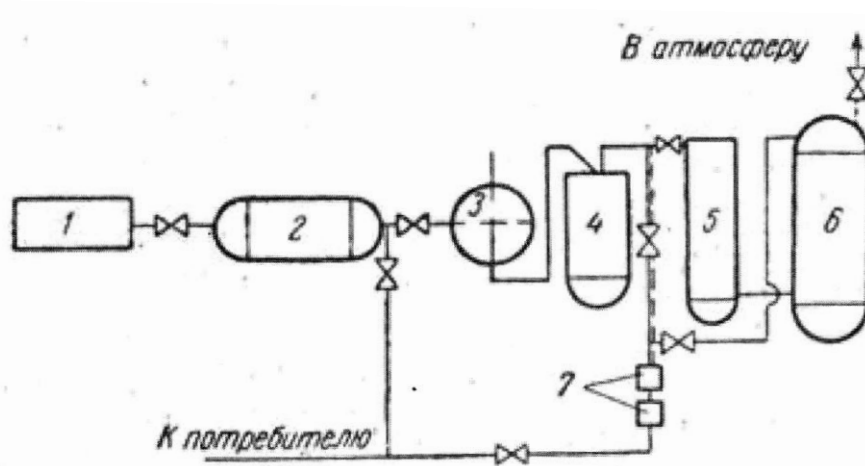


Рисунок 4 – Схема работы агрегата УВ-10:

1- компрессор; 2-ресивер; 3-холодильник; 4-воздушный циклон; 5- электроподогреватель; 6-адсорбер; 7-противозамерзающее устройство

Количество конденсата, которое выделяется в циклоне, зависит от расхода воздуха, его относительной влажности, температуры на выходе из компрессора и других факторов. По опытным данным в воздушном циклоне выделяется до 60% влаги, засасываемой вместе с воздухом из атмосферы.

Из циклона через отключенный от сети электроподогреватель 5 воздух поступает в адсорбер 6, в который загружается 100 кг силикагеля или алюмосиликата. Поглотительная способность каждого из них составляет примерно 17 % от собственного веса, т.е. при полном насыщении адсорбента будет отобрано из воздуха около 17 кг влаги. После полного насыщения адсорбента (или при длительных перерывах в работе буровой установки) адсорбент переключается на регенерацию. Регенерация адсорбента производится воздухом, нагретым в электроподогревателе до температуры 200-

250 °С. Горячий воздух из электроподогревателя проходит через насыщенный адсорбирующий материал и испаряет влагу, которая вместе с воздухом выпускается в атмосферу через открытый вентиль, расположенный на крышке адсорбера.

Агрегат УВ-10 имеет устройство 7 против замерзания, состоящие из двух ступеней. Оно предназначено для работы в период регенерации и в других случаях, когда предъявляются повышенные требования к осушению воздуха.

Первая ступень (рисунок 5, а) представляет собой сосуд со спиртом, внутри которого находится хлопчатобумажный фитиль, надетый на трубку. При движении воздуха через первую ступень противозамерзающее устройство он смешивается с парами спирта и поступает во вторую ступень

Вторая ступень (рисунок 5, б) состоит из корпуса, в нижней части которого прикреплен сосуд, заполняемый глицерином. Сосуд имеет пробку и щуп. Полость аппарата второй ступени сообщается с сосудом через отверстие, регулируемое игольчатым вентилем. Сжатый воздух, поступая в сосуд с глицерином, вытесняет его по трубочке в распылитель, выведенный в суженную часть корпуса, в котором происходит смешивание глицерина с воздухом.

Пары спирта и частицы глицерина понижают температуру выпадающей из воздуха влаги до минус 40-50 °С, что предотвращает выпадение и замерзание ее в элементах циркуляционной системы скважины.

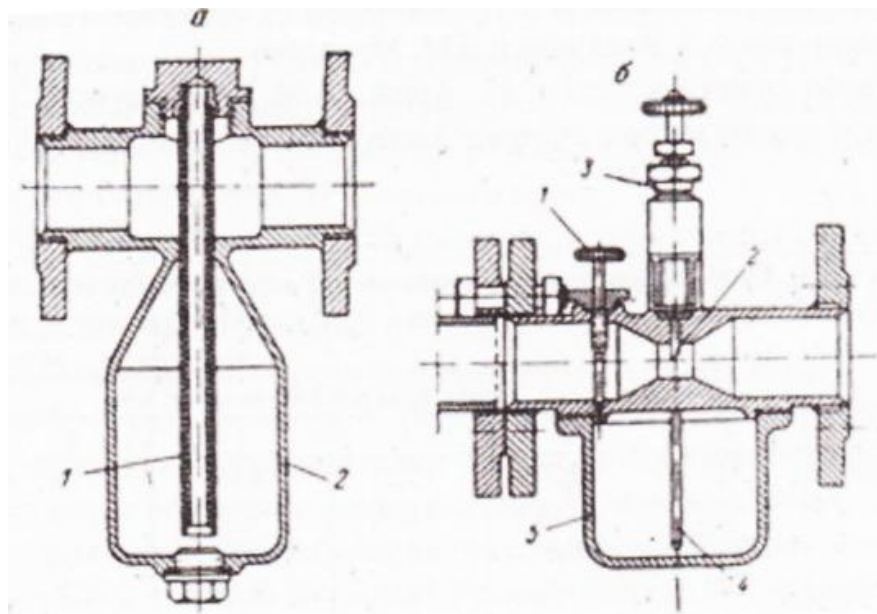


Рисунок 5 – Противозамерзающее устройство:

а – первая ступень; 1-трубка с наружным фитилем; 2-сосуд для спирта; б- вторая ступень. 1-игольчатый фильтр; 2-трубка для распыления глицерина воздухом; 3- запорный вентиль; 4-трубка для подъема глицерина; 5-сосуд для глицерина.

При промышленном бурении скважин с очисткой забоя воздухом оптимальная скорость восходящего потока равна 11-13 м/с.

Необходимо отметить, что С.И. Агаев, Д.М. Магурдумов, Л.Р. Баскин, М.М. Brentли и другие авторы считают необходимым величину скорости восходящего потока увеличивать до 15-25 м/с. Такой вывод можно признать обоснованным для тех случаев, когда глубина скважины более 1000 м, механическая скорость 20-30 м/ч, диаметр частиц шлама 7-12 мм или при проходке скважин в породах, удельный вес которых значительно превышает 2,5-2,7 г/см³ [9].

Таким образом, для бурения скважин в ММП, глубина которых достигает 500-600 м, скорость восходящего потока следует принимать 11-13 м/с.

Точное определение расхода сжатого воздуха, т.е. правильный выбор производительности компрессора, является одним из основных факторов успешной проходки скважин с очисткой забоя сжатым воздухом. Подъемная

способность восходящего потока воздуха пропорциональна плотности воздуха и квадрату скорости потока.

Исследования, проведенные Иваном Петровичем Елмановым и другими авторами, как в лабораторных, так и в производственных условиях, показывают, что:

1. увеличение расхода воздуха сверх необходимого для очистки скважины не увеличивает механическую скорость бурения. Более того, увеличение расхода воздуха вызывает увеличение давления воздуха в нагнетательной линии, что создает дополнительную нагрузку на компрессоры, и повышает температуру сжатого воздуха, которую невозможно снизить охладителями. Высокая температура воздуха

вызывает повышенный износ нагнетательного шланга, уплотняющих элементов вертлюга и нарушение температурного режима проходимых мерзлых пород, что приводит к разрушению стенок скважин и керна.

2. низкие же расходы воздуха (меньше оптимального) снижают механическую скорость бурения и при определенных ее значениях становятся недостаточными для очистки забоя скважины от шлама [10].

Во всех случаях бурения с продувкой воздухом, охлажденным до отрицательных температур, сохранялись устойчивость и прочность стенок скважины. Признаки поверхностного протаивания отмечались при форсированных режимах, но стенки скважины сохраняли монолитность.

Этот способ бурения сочетает в себе преимущества воздушной продувки перед жидкостной промывкой (решение проблемы водоснабжения, особенно в зимнее время) с надежным регулированием температурного режима скважины. Большую часть года в районах распространения мерзлоты охлаждение сжатого воздуха до отрицательных температур возможно за счет теплообмена с холодным атмосферным воздухом. Лишь в летний период необходима та или иная система принудительного охлаждения, составные элементы которой доступны, недороги и долговечны.

В остальном способ бурения с очисткой забоя охлажденным воздухом не отличается от обычного и с успехом освоен во многих районах.

Анализ результатов испытаний, позволил сделать следующие выводы:

1. Установка для охлаждения и осушки сжатого воздуха безфреоновой системы охлаждения позволяет получать сжатый воздух с температурой, превышающей температуру окружающего воздуха лишь на 2-5°C, и степенью осушки, достаточной не только для предотвращения выпадения конденсата при дальнейшем охлаждении сжатого воздуха в циркуляционной системе, но и для удовлетворительной осушки частично растепляемых в процессе бурения стенок скважины и керна, а также частичек шлама.

2. Использование при бурении мерзлых пород осушенного сжатого воздуха даже при относительно высокой его температуре позволяет повысить эффективность очистки скважины от шлама и в значительной степени уменьшить осложнения, связанные с образованием сальников. Все это повышает механическую и рейсовую скорости бурения, а также рейсовую проходку.

3. Для полного предотвращения растепления мерзлых стенок скважины и керна в процессе бурения и окончательной ликвидации связанных с этим явлением осложнений, осушенный воздух необходимо охлаждать до отрицательной температуры.

3.2. Бурение скважин с применением газожидкостных систем

Газожидкостные смеси (ГЖС) применяют при бурении скважин в качестве очистных агентов, обеспечивая значительное повышение технико-экономических и качественных показателей. Значительный опыт использования ГЖС накоплен при разведке месторождений цветных и редких металлов, каменного угля, строительных материалов, при бурении технических скважин [11, 12].

Газожидкостные смеси, представляющие собой многофазные дисперсные системы, в зависимости от состава и расходного газосодержания (при атмосферном давлении) по степени аэрации (α) делятся на аэрированные промывочные жидкости ($\alpha \leq 60$), пены ($\alpha = 60-300$) и туманы ($\alpha \geq 300$).

Технологические, реологические и теплофизические свойства ГЖС определяются:

1. типом и концентрацией поверхностноактивных веществ (ПАВ), применяемых в качестве реагентов-диспергаторов;
2. добавками, обеспечивающими охлаждение инструмента, ингибирование глиносодержащих и мерзлых пород, снижение коррозии бурового инструмента;
3. реагентами, препятствующими деструкции ГЖС в условиях солевой агрессии пластовых вод и высоких отрицательных температур.

Все это позволяет регулировать свойства ГЖС в достаточно широком диапазоне природных условий по сравнению с любым другим традиционным очистным агентом на водной основе. Изменение плотности ГЖС от 900 до 50 кг/м³ и менее обеспечивает бурение скважин в зонах с аномально низким пластовым давлением с разной интенсивностью поглощений промывочных жидкостей [13].

Из всех видов газожидкостных смесей наиболее исследованными и практически освоенными при алмазном бурении скважин являются аэрированные промывочные жидкости и пены. В меньшей степени изучена

технология бурения скважин долотами и коронками, армированными твердыми сплавами.

Характерной особенностью технологии бурения скважин с пеной в породах выше VII категории по буримости является ограничение по разным причинам параметров режима бурения по сравнению с аналогичными параметрами, рекомендуемыми при бурении скважин с промывочными жидкостями [14].

Несмотря на ЭТО при бурении с ГЖС достигнуты весьма высокие технико-экономические показатели. Так, механическая скорость бурения с ГЖС увеличилась в 3-4 раза по сравнению с промывочными жидкостями. В сложных горно-геологических и климатических условиях, производительность алмазного бурения возросла в 1,25-1,5 раза, а расход алмазов снизился в 1,2 раза. Производительность бурения шарошечными долотами также выросла от 1,5-2 до 4-5 раз, а проходка на долото - от 1,5-1,8 до 3-4 раз. При этом отмечалось снижение расхода воды и соответственно потребности в транспорте для доставки промывочной жидкости в 6 раз, уменьшение расхода глины в 5 раз, особенно при бурении скважин через отработанные пространства горных выработок.

При использовании ГЖС упрощается конструкция скважин, особенно в мерзлых породах, снижается расход обсадных труб в 1,85 раза, уменьшается разработка ствола скважины в 1,3 раза. Снижаются в 1,9 раза или даже полностью исключаются непроизводительные затраты времени на ликвидацию осложнений (поглощения, сальникообразования, прихваты). Исчезает необходимость в ликвидации аварий, вызванных этими осложнениями. Экономится цемент, горючесмазочные материалы и энергия в 2 раза, особенно при бескерновом бурении скважин. Улучшаются условия вскрытия продуктивных горизонтов, качество информации, получаемой по керну и данным геофизических исследований. Некоторый разброс в технико-экономических показателях объясняется разными геологическими и климатическими условиями объектов буровых работ.

Успех, достигаемый от применения ГЖС, объясняется присутствием в ней газовой и жидкой фаз и тем самым возможностью регулирования и управления технологическими свойствами смеси. Это важно, поскольку функции ГЖС при бурении скважин далеко не однозначны. При разработке состава ГЖС отдельные технологические операции следует группировать, например, вынос шлама с профилактикой поглощений, удаление шлама с забоя с использованием флотационного эффекта, что более целесообразно при бурении скважин лотами и при ударно-вращательном бурении, чем при алмазном бурении скважин [15].

К основным достоинствам данного метода можно отнести то, что применение очистных агентов с малой плотностью для борьбы с поглощением жидкости в условиях Крайнего Севера, и Северо-Востока является наиболее рентабельным, так как при этом обеспечивается проходка скважин породоразрушающим инструментом одного размера, а также снижаются затраты времени и средств на ведение тампонажных работ. Помимо этого, исчезает необходимость в спуске в скважину дополнительных колонн обсадных труб, снижаются затраты времени на приготовление промывочной жидкости. Вместе с этим, при использовании пен резко сократились прихваты бурового инструмента в скважине и снизилась коррозионная агрессия. Отмечается снижение расхода дизельного топлива до 30% по сравнению с продувкой скважин сжатым воздухом. Эксплуатационные расходы при бурении с пеной по многолетнемерздым породам оказались почти в 2 раза ниже, чем при бурении с продувкой сжатым воздухом. Применение пен также способствует минимальному загрязнению окружающей среды.

3.3. Бурение скважин с применением глинистых растворов

Область применения глинистых растворов весьма обширна. В качестве промывочных жидкостей их используют во всех случаях, когда бурение скважин с промывкой водой невозможно. Они улучшают очистку скважин от выбуренной породы, вынос песка, служат для временного крепления несцементированных и слабосцементированных пористых и трещиноватых морозных, мерзлых и талых горных пород, для бурения зон поглощений и водопритоков и т.д. Кроме того, глиноматериалы входят в состав разных полимерных, эмульсионных и других промывочных сред [7].

Учитывая сложившийся дефицит в качественных глиноматериалах, интерес к местным глинам возрастает. Однако для повышения производительности буровых работ, снижения возможных осложнений из-за большого содержания этих глин в воде (до 350 кг/м³ и более) требуется специальная их обработка. Для этой цели используют различные способы и технические средства. К ним относятся физико-химическая модификация глин, ультразвуковая обработка, применение специальных гидроактиваторов и др.

Современные способы активации направлены на улучшение реологических и фильтрационных свойств раствора за счет интенсивного диспергирования глинистых частичек, выведения из раствора неглинистой твердой фазы. Из-за отсутствия серийных технических средств каждая организация вынуждена разрабатывать и использовать свои методы и технические средства для улучшения качества глинистых растворов. Необходимость в этом очевидна, так как в активированных растворах снижается расход глин и химических реагентов для их получения, уменьшается опасность зашламования скважин, прихватов, затяжек и других осложнений.

Для снижения температуры замерзания в глинистый раствор в качестве антиморозной присадки вводят соль, как правило хлорид натрия. При этом вследствие увеличения концентрации электролита происходит дополнительная коагуляция раствора, увеличивающая фильтрацию и толщину фильтрационной корки. Так как предварительное растворение соли в воде, предназначенной для

приготовления глинистого раствора, отрицательно сказывается на процессах ионизации, гидратации и диспергирования глинистых частиц, минерализованный глинистый раствор готовят, добавляя в готовый глинистый раствор насыщенный солевой раствор.

Наилучшим можно считать способ получения искусственно минерализованных растворов путем вводимых в смеситель компонентов раствора в следующей последовательности: вода, глинопаста, химический реагент, стабилизатор, соль.

При переходе с глинистого раствора на промывку соленой водой с содержанием NaCl прослеживаются лучшее охлаждение жидкости в процессе движения восходящего потока от забоя и более интенсивный нагрев при подходе его к дневной поверхности.

Главным недостатком минерализованных глинистых растворов является их низкая стабильность. Так, уже через несколько часов после приготовления глинистого раствора с добавками хлорида натрия происходит частичная его коагуляция, резко увеличивается фильтрация и толщина фильтрационной корки.

3.4. Цементирование скважин с применением облегченного тампонажного раствора

Облегченные цементные растворы пониженной теплопроводности

ММП, характеризующиеся пониженными температурами верхней пачки пород, высокими забойными температурами и аномальными давлениями, склонны к трещинообразованию и гидроразрыву, поглощению тампонажного раствора. В этих условиях широко используют тампонажные портландцементы с ускорителями сроков схватывания. Образующийся цементный камень характеризуется низкими изолирующими свойствами, что обуславливает возникновение пластовых перетоков в верхней части разреза и загрязнение водоносных горизонтов. Следовательно, необходимо применять тампонажные растворы, обеспечивающие эффективную герметизацию затрубного пространства и целостность конструкции скважины. Актуальным решением проблемы является использование облегченного тампонажного раствора с определенной для конкретных условий плотностью. Облегченные теплоизоляционные растворы являются многокомпонентными цементными системами, состоящими из тампонажного портландцемента, облегченных наполнителей, воды и регулирующих требуемые свойства добавок. Известные облегчающие наполнители для тампонажных цементных растворов – вспученный перлит, вспученный вермикулит, диатомит, керамзит, уголь, кокс – разрушаются под действием давления в скважине, раствор становится непрокачиваемым [16, 17].

Наполнитель должен обладать достаточной прочностью при объемном сжатии. Именно такие показатели имеют полые стеклянные микросферы. Введение их в цементную матрицу позволяет получить материал плотной структуры, поризованной водонепроницаемыми ПСМС, обладающими низкой средней плотностью. Полые микросферы – это обычные сыпучие порошки, состоящие из тонкостенных наполненных углекислым газом, аммиаком, азотом оболочек диаметром до десятков микрометров, с коэффициентом теплопроводности 0,05–0,067 Вт/(м·°С). Стеклянные микросферы

характеризуются не только малой плотностью, но и высокой удельной прочностью при объемном сжатии [18].

Производят стеклянные, керамические, полимерные силикатные и углеродные полые сферы. В тампонажных растворах в качестве наполнителей используют обычные ПСМС и аппретированные АПСМС. Аппрет представляет собой кремнийорганическую жидкость γ -аминопропилтриэтоксисилан. Его расход составляет 0,3% массы микросфер.

Одним из главных преимуществ ПСМС, применяемых для цементирования нефтяных и газовых скважин, является стабильность их свойств в условиях криолитозон. В зависимости от расхода микросфер и их насыпной плотности средняя плотность тампонажного раствора может быть равна 0,78...0,8 г/см³ и выше, а прочность камня на растяжение при изгибе – не ниже 1,6 МПа в возрасте 2 суток.

Облегченные тампонажные растворы с кондиционными полыми стеклянными микросферами и суперпластификаторами имеют повышенную однородность во времени: не расслаиваются, всплытие микросфер и водоотстой отсутствует. Такие растворы не требуют обязательного использования высокомолекулярных полимерных добавок. Свойства тампонажных материалов предлагаемых составов выгодно отличаются от облегченных тампонажных материалов с фильтроперлитом, вспученным вермикулитовым песком, вспученным перлитовым песком, полимерными микросферами. Теплопроводность влажного цементного камня – 0,17 Вт/м·°С позволяет использовать его в качестве пассивной теплоизоляции конструкции скважины от воздействия ММП.

Отличительной особенностью тампонажного раствора с АПСМС является более низкое водоцементное отношение по сравнению с равноплотными растворами с фильтроперлитом, вспученным вермикулитовым песком, вспученным перлитовым песком за счет меньшей водопотребности и использования суперпластификатора.

При смачивании водой на поверхности стеклянных микросфер образуется гель кремнекислоты, который увеличивает прочность сцепления тампонажного камня со стальной обсадной трубой, а также увеличивает закупоривающую способность такого материала в забойных условиях по мере роста расхода микросфер.

Свойства облегченного теплоизоляционного тампонажного раствора и камня с АПСМС обеспечивает подъем раствора до проектной высоты, надежное цементирование затрубного пространства скважин.

Технология цементирования

С точки зрения технологии цементирования необходимо обеспечить диаметр скважины, близкий к номинальному и полное замещение бурового раствора цементом в затрубном пространстве. Способ такого цементирования представлен на рисунке 6.

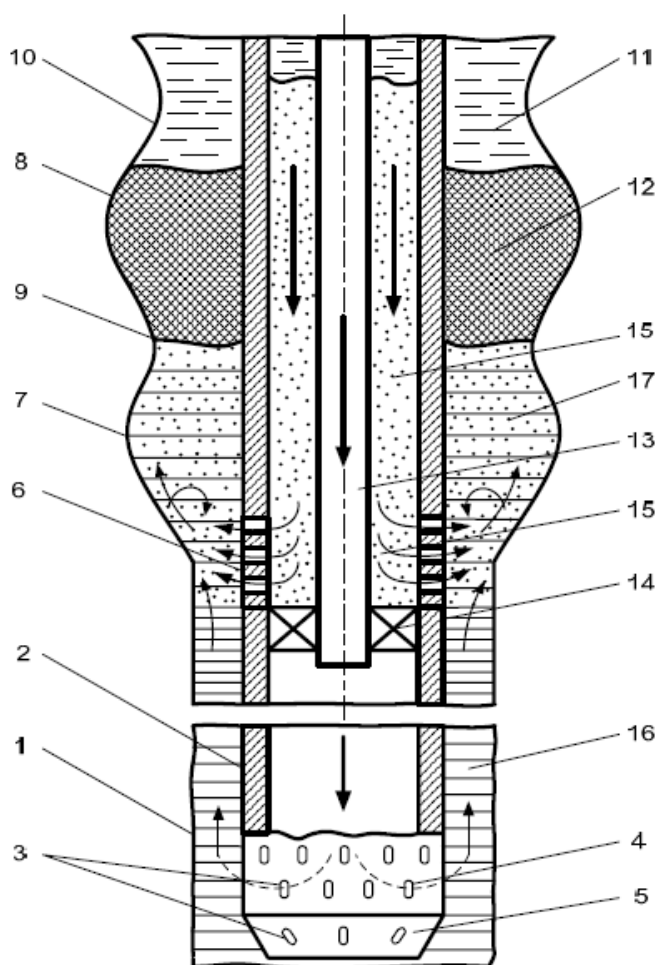


Рисунок 6 – Способ крепления скважин в многолетнемерзлых породах:

1 – скважина; 2 – обсадная колонна; 3 – отверстия; 4 – башмачный патрубок; 5 – направляющая пробка; 6 – перфорация; 7, 8 – каверна; 9, 10 – перемычки; 11 – вытесняемый буровой раствор; 12 – вязкоупругий разделитель; 13 – бурильные трубы; 14 – пакер; 15 – порция ускорителя схватывания; 16 – цементный раствор; 17 – цементный раствор с ускорителем схватывания

Сущность его заключается в отдельной подаче тампонажного состава и ускоряющей добавки с последующим турбулентным смещением их в затрубном пространстве. Техника осуществления этого способа видна из рисунка 6. В пробуренную через толщу многолетней мерзлоты скважину 1 спускают обсадную колонну 2 с отверстиями 3 в стандартном башмачном патрубке 4 или же направляющие пробки 5, а также и с перфорационными отверстиями 6 в теле обсадной колонны, причем эти отверстия приурочены к подошвенной части кавернозной области, представленной, например, кавернами 7 и 8 с разделительными перемычками 9 и 10.

Внутри обсадной колонны 2 спускают бурильные или другие трубы 13 с пакером 14, устанавливаемым ниже отверстий 6. Цементный раствор закачивают по трубам 13, а по кольцевому пространству 15 – ускоритель сроков схватывания цементного раствора, причем поток цементного раствора поступает в затрубное пространство 16 через башмак обсадной колонны и имеет вертикальное (аксиальное) направление снизу вверх, а поток ускорителя схватывания – радиальное, что обеспечивает смешение этих потоков в затрубном пространстве при их поперечном пересечении и имеет существенное значение, т.к. именно благодаря поперечной схеме возникает интенсивное перемешивание потоков путем завихрения и турбулизации их в плоскости пересечения.

Образовавшийся после смешения в затрубном пространстве цементного раствора и ускорителя схватывания тампонажный состав 17, имеющий сокращенные сроки схватывания и обладающий эффектом расширения, поднимаясь вверх по кавернозной области, вытесняя буферную жидкость 12 (например, вязкоупругий разделитель) и буровой раствор 11, заполняет затрубное пространство скважины, схватываясь и твердея в короткие сроки, что

обеспечивает качественное цементирование в интервалах многолетней мерзлоты, осложненных кавернообразованиями. Крепления подкавернозной области осуществляют обычным цементным раствором 16, закачанным через башмак 5 обсадной колонны [19].

Путем отдельной доставки в затрубное пространство цементного раствора и ускорителя схватывания, причем ускоритель схватывания вводят в восходящую струю цементного раствора в момент достижения им каверн, сокращается время взаимодействия закачиваемых компонентов и обеспечивается возможность завершения операции цементирования до окончания индукционного периода.

Эта особенность ввода ускорителя схватывания позволяет подобрать такую его дозу, которая обеспечивает после перемешивания с цементным раствором практически немедленное схватывание и камнеобразование в объеме заполненной тампонажным составом каверны. При таком механизме снижается вероятность перемешивания тампонажного состава с оттаявшими массами, т.к., несмотря на повышенное выделение тепла гидратирующей смесью, оттаивание мерзлых пород происходит медленнее, чем камнеобразование. Благодаря радиальному направлению потока ускорителя схватывания смешивание восходящего потока цементного раствора осуществляется с его отклонением к стенке скважины, что способствует поступлению тампонажного состава в периферийную область каверн и наиболее полному вытеснению буровых жидкостей из их застойных зон. Короткие сроки схватывания и способность тампонажного состава к расширению объема при твердении обеспечивают высокое качество крепления благодаря плотному контакту цементного камня со стенками скважины.

3.5. Выводы по главе III

В данной главе рассмотренные вопросы способов бурения в мерзлых породах с продувкой охлажденным воздухом, бурение с применением газожидкостных систем, бурение с применением глинистых растворов, цементирование скважин с применением облегченного тампонажного раствора составляет в настоящее время основное направление технического прогресса в области бурения на Крайнем Севере.

Продувка скважин охлажденным воздухом имеет достоинства которые заключаются в устранении осложнений, связанных с замерзанием промывочной жидкости; расходы воздуха в единицу времени в 15-25 раз меньше расхода промывочной жидкости, а его удельная массовая теплоемкость соответственно в 4 раза меньше. Поэтому при одной и той же температуре воздух несет с собой в 60-100 раз меньше тепла, чем промывочная жидкость.

Промывка скважины с применением пенных систем обеспечивает высокие показатели работы долота, достигается диаметр, близкий к номинальному, создаются благоприятные условия для качественного крепления интервала мерзлых пород. Высокоэффективен отбор керна и сохранение его температурного режима.

Бурение с применением глинистых растворов улучшает очистку скважин от выбуренной породы, выноса песка, служит для временного крепления несцементированных и слабосцементированных пористых и трещиноватых морозных, мерзлых и талых горных пород, для бурения зон поглощений и водопритоков.

Облегченные тампонажные растворы с кондиционными полыми стеклянными микросферами и суперпластификаторами имеют повышенную однородность во времени: не расслаиваются, всплытие микросфер и водоотстой отсутствует. Такие растворы не требуют обязательного использования высокомолекулярных полимерных добавок.

Наиболее эффективными среди предложенных методов устранения осложнений можно выделить применение ГЖС, а также бурение с продувкой

воздухом, потому что они являются более эффективными по сравнению с продувкой воздухом т.к. не требует дополнительного оборудования и является более экологичным. Но при отсутствии постоянного водоснабжения на буровой, в связи с ее отдаленным местонахождением, данный метод не может применяться.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Е31 | Колесникову Александру Сергеевичу |

| | | | |
|---------------------|--------------------|---------------------|---|
| Институт | ИПР | Кафедра | ТПМ |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/профиль | 15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль/ 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 исполнителей темы. 6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы. |

| | |
|--|--|
| | 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта. |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 1. Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки 2. Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования |
| Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): | |
| 1. оценка конкурентоспособности технических решений; 2. матрица SWOT; 3. определение возможных альтернатив проведения научных исследований; 4. альтернативы проведения НИИ; 5. график проведения и бюджет НИИ. | |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---------|------|
| Доцент | Антонова И.С. | Кандидат эконом. наук | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------------|---------|------|
| 4ЕЗ1 | Колесников Александр Сергеевич | | |

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Технология бурения скважин

Рынок: Компании по бурению нефтяных и газовых скважин.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка услуг

| | | Вид технологии бурения | | |
|-----------------|---------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | | Бурение с продувкой воздуха | Применение газожидкостных систем | Применение глинистых растворов |
| Размер компании | Крупные | | | |
| | Средние | | | |
| | Мелкие | | | |

 - «Газпром»  - «Сургутнефтегаз»  - «Томскнефть»

Бурение мерзлых пород с продувкой сжатым воздухом может быть выгодна для крупных и средних компаний, поскольку данная технология требует дополнительных затрат на покупку оборудования и их эксплуатацию. Помимо этого, крупные компании могут применять газожидкостные системы и глинистые растворы, и при бурении скважин выбирать какая из технологий будет наиболее продуктивна именно для данной горной породы.

Анализ конкурентных технических решений

В качестве основного товара будет бурение с продувкой воздухом. В качестве конкурентов будут использоваться методики бурения, как бурение с применением газожидкостных систем и бурение с применением глинистых растворов.

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|---|--------------|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} 1 | Б _{к2} 2 | К _ф | К _{к1} | К _{к2} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Повышение производительности труда | 0.1 | 5 | 4 | 4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| 2. Удобство эксплуатации | 0.08 | 4 | 4 | 4 | 0.32 | 0.32 | 0.32 |
| 3. Энергоэкономичный | 0.05 | 2 | 4 | 4 | 0.1 | 0.2 | 0.2 |
| 4. Безопасность | 0.09 | 4 | 3 | 3 | 0.36 | 0.27 | 0.27 |
| 5. Уровень шума | 0.05 | 2 | 5 | 5 | 0.1 | 0.25 | 0.25 |
| 6. Надежность | 0.13 | 4 | 4 | 4 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |
| 7. Функциональная мощность | 0.1 | 5 | 4 | 4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| 8. Простота эксплуатации | 0.08 | 4 | 5 | 5 | 0.32 | 0.4 | 0.4 |
| 9. Экологичность | 0.05 | 5 | 4 | 3 | 0.25 | 0.2 | 0.15 |
| 10. Потребность в ресурсах | 0.05 | 5 | 3 | 3 | 0.25 | 0.15 | 0.15 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность | 0.05 | 5 | 4 | 4 | 0.25 | 0.2 | 0.2 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|------|----|----|----|------|------|------|
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0.05 | 5 | 5 | 5 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| 3. Цена | 0.1 | 3 | 4 | 3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0.05 | 5 | 3 | 3 | 0.25 | 0.15 | 0.15 |
| 5. Наличие сертификации разработки | 0.05 | 5 | 5 | 5 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Итого | 1 | 61 | 61 | 59 | 4.42 | 4.26 | 4.11 |

1. Конкурент 1 - бурение с применением газожидкостных систем

$$K_{кс1} = 4,42 / 4,26 = 1,037.$$

2. Конкурент 2 – бурение с применением глинистых растворов:

$$K_{кс2} = 4,42 / 4,11 = 1,075.$$

В каждом случае предприятие признано конкурентоспособным, т.к. $K_{кс} > 1$.

Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей: качества и потенциала разработки. В таблице 3 представлена оценочная карта.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение | Средневзвешенное значение |
|-----------------|--------------|-------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |

| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
|---|------|----|-----|-----|-------|
| 1. Повышение производительности труда | 0.1 | 80 | 100 | 0.8 | 0.08 |
| 2. Удобство эксплуатации | 0.08 | 70 | 100 | 0.7 | 0.056 |
| 3. Энергоэкономичный | 0.05 | 60 | 100 | 0.6 | 0.03 |
| 4. Безопасность | 0.09 | 70 | 100 | 0.7 | 0.063 |
| 5. Ремонтопригодность | 0.05 | 80 | 100 | 0.8 | 0.04 |
| 6. Надежность | 0.13 | 90 | 100 | 0.9 | 0.117 |
| 7. Функциональная мощность | 0.1 | 80 | 100 | 0.8 | 0.08 |
| 8. Простота эксплуатации | 0.08 | 90 | 100 | 0.9 | 0.072 |
| 9. Долговечность | 0.05 | 80 | 100 | 0.8 | 0.04 |
| 10. Уровень материалоемкости | 0.05 | 90 | 100 | 0.9 | 0.045 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность | 0.05 | 90 | 100 | 0.9 | 0.045 |
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0.05 | 70 | 100 | 0.7 | 0.035 |
| 3. Цена | 0.1 | 60 | 100 | 0.6 | 0.06 |
| 4. Предполагаемый срок эксплуатации | 0.05 | 80 | 100 | 0.8 | 0.04 |

| | | | | | |
|------------------------------------|------|----|-----|-----|-------|
| 5. Наличие сертификации разработки | 0.05 | 80 | 100 | 0.8 | 0.04 |
| Итого | 1 | | | | 0.803 |

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Получаем, что $P_{cp} = 0.803$.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования.

Учитывая, что $P_{cp} = 0,803$, можно утверждать, что данная разработка является перспективной

SWOT анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме смотри Приложение 1, Таблица 1 – Матрица SWOT

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.

В результате анализа конкурентоспособности проекта выделены следующие сильные стороны:

C1. Преимущества над другими технологиями бурения;

C2. Увеличение механической скорости бурения;

C3. Простота эксплуатации;

C4. Экологичность технологии;

C5. Меньшая материалоемкость.

Слабые стороны:

Сл1. Сложность сборки оборудования;

Сл2. Необходимость оборудования для улавливания пыли;

Сл3. Малая эргономичность;

Сл4. Повышенный уровень шума;

Сл5. Определенные условия, предъявляемые к скважине.

Анализ дополнен факторами внешней среды:

1. Возможности:

V1. Существование потенциального спроса на продукт со стороны развитых компаний;

V2. Повышение стоимости конкурентных разработок;

V3. Совершенствование технологии бурения.

2. Угрозы:

У1. Отсутствие спроса на данную технологию;

У2. Развитая конкуренция технологий производства;

У3. Распространение химических методов.

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 4, таблице 5, таблице 6, таблице 7.

Таблица 4 - Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

| | | Сильные стороны проекта | | | | |
|------------------------|----|-------------------------|----|----|----|----|
| Возможности проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | B1 | - | - | 0 | - | - |
| | B2 | - | 0 | - | 0 | - |
| | B3 | - | + | 0 | - | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B3C2.

Таблица 5 - Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

| | | Слабые стороны проекта | | | | |
|------------------------|----|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Возможности проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | B1 | - | 0 | - | 0 | - |
| | B2 | - | - | 0 | - | - |
| | B3 | + | 0 | - | - | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл4, B3Сл1Сл2Сл3Сл4.

Таблица 6 - Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

| | | Сильные стороны проекта | | | | |
|-------------------|----|-------------------------|----|----|----|----|
| Угрозы проекта | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | У1 | - | 0 | + | - | - |
| | У2 | - | - | 0 | 0 | - |
| | У3 | - | 0 | - | 0 | - |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С1, У3С4.

Таблица 7 - Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

| | | Слабые стороны проекта | | | | |
|-------------------|----|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта | | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 | Сл5 |
| | У1 | 0 | - | + | - | - |

| | | | | | | |
|--|----|---|---|---|---|---|
| | У2 | 0 | - | - | - | - |
| | У3 | 0 | - | - | - | 0 |

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У1Сл1, У3Сл5.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблице 8).

Таблица 8 - SWOT-анализ

| | | |
|---|---|--|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Безопасность</p> <p>С2. Увеличение механической скорости бурения;</p> <p>С3. Простота эксплуатации;</p> <p>С4. Экологичность технологии;</p> <p>С5. Меньшая материалоемкость.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Сложность сборки оборудования;</p> <p>Сл2. Необходимость оборудования для уловления пыли;</p> <p>Сл3. Малая эргономичность;</p> <p>Сл4. Повышенный уровень шума;</p> <p>Сл5. Определенные условия, предъявляемые к скважине.</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Существование потенциального спроса</p> | <p>Результаты анализа «Сильные стороны и возможности»:</p> | <p>Результаты анализа «Слабые стороны и возможности»:</p> |

| | | |
|---|---|--|
| <p>на продукт со стороны развитых компаний;</p> <p>В2. Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p>В3. Совершенствование технологии бурения.</p> | <p>В3С2 – увеличить напор воздуха, что ускорит вывод шлама с забоя, и в следствии произойдет увеличение скорости бурения, приводящее к повышению конкурентоспособности товара.</p> | <p>В3Сл1 – сборка оборудования на предприятии и доставка его в собранном виде к скважине, что значительно облегчит его установку на скважине, приводящее к повышению конкурентоспособности товара</p> |
| <p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства;</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства;</p> <p>У3. Распространение химических методов.</p> | <p>Результаты анализа «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>У1С3 – изготовление более простой конструкции с целью повышения конкурентоспособности</p> | <p>Результаты анализа «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>У1Сл3 – снижение уровня шума путем внедрения инновационного шумоизоляционного оборудования, увеличит спрос на разрабатываемый продукт.</p> |

4.2. 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 метод устранения сальниковых масс в процессе бурения.
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 компрессорной установки приведен в таблице 8

Таблица 8 – Морфологическая матрица для компрессорной установки

| Параметры | 1 | 2 | 3 |
|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--|
| А. Тип компрессора | Винтовой | Поршневой | Мембранный |
| Б. Типы двигателей | Электрический | Дизельный | Бензиновый |
| В. Материал шланг | ПВХ | Пластик | Резина |
| Г. Типы адсорберов | с неподвижным зернистым адсорбентом | с движущимся зернистым адсорбентом | с кипящим слоем мелкозернистого адсорбента |
| Д. Адсорбирующие материалы | Силикагель | Алюмосиликат | |
| Е. Рабочий агент | Попутный газ | Природный газ | Воздух |
| Ж. Аппарат для охлаждения | Детандер | Холодильник | Ребристо-трубчатый теплообменник |

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Лучший вариант это: А1Б2В3Г1Д1Е3Ж2, А2Б1В1Г2Д2Е1Ж3, А3Б3В2Г3Д1Е2Ж1.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

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.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

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 технического задания | 1 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель проекта |
| | 2 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель проекта, Исполнитель проекта |
| Выбор направления исследования | 3 | Выбор направления исследований | Руководитель проекта |
| | 4 | Подбор и изучение литературы по теме | Исполнитель проекта |

| | | | |
|---|---|---------------------------------------|--|
| Теоретические исследования | 5 | Проведение теоретических исследований | Исполнитель проекта |
| | 6 | Анализ исследований | Исполнитель проекта |
| Обобщение и оценка результатов | 7 | Оценка результатов исследований | Руководитель проекта, Исполнитель проекта |
| Оформление отчета по исследовательской работе | 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель проекта, Исполнитель проекта |

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.

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

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%.

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

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

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

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

Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

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

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

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

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования

| Название работы | Трудоемкость работ | | | Исполнители | Длительность работ в рабочих днях, T_{pi} | Длительность работ в календарных днях, T_{ki} |
|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------|---|---|
| | t_{min} , чел-дни | t_{max} , чел-дни | $t_{ож}$, чел-дни | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|---|----|-----|---|-----|----|
| Составление и утверждение технического задания | 1 | 2 | 1,4 | Руководитель проекта. | 1,4 | 2 |
| Календарное планирование работ по теме | 2 | 4 | 2,8 | Руководитель проекта, Исполнитель проекта. | 1,4 | 2 |
| Выбор направления исследования | 2 | 4 | 2,8 | Руководитель проекта. | 2,8 | 4 |
| Подбор и изучение литературы по теме | 6 | 10 | 7,6 | Исполнитель проекта | 7,6 | 10 |
| Проведение теоретических исследований | 6 | 12 | 8,4 | Исполнитель проекта | 8,4 | 11 |
| Анализ исследований | 6 | 10 | 7,6 | Исполнитель проекта | 7,6 | 10 |
| Оценка результатов исследования | 5 | 7 | 5,8 | Руководитель проекта. Исполнитель проекта | 2,9 | 4 |
| Составление пояснительной записки | 7 | 14 | 9,8 | Руководитель проекта. Исполнитель проекта | 4,9 | 6 |

На основе таблицы 11 строим план график

Таблица 11 – Календарный план график проведения НИР по теме

| № | Вид работ | Исполнители | 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 технического задания | Руководитель проекта | 2 | ■ | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 2 | Календарное планирование работ по теме | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Выбор направления исследования | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Подбор и изучение литературы по теме | Исполнитель проекта | 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Проведение теоретических исследований | Исполнитель проекта | 11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Анализ исследований | Исполнитель проекта | 10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Оценка результатов исследования | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель проекта. Исполнитель проекта | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |

 - руководитель проекта,  - исполнитель проекта

4.4. Бюджет научно-технического исследования Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сведен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы

| № п/п | Наименование этапов | Исполнители по категориям | Трудоемкость, чел.-дн. | Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб. | Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб. |
|-------|---------------------------------------|---|------------------------|--|---|
| 1 | Составление и утверждение ТЗ | Руководитель проекта | 1,4 | 1,953 | 2,734 |
| 2 | Календарное планирование по теме | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 2,8 | 2,751 | 7,702 |
| 3 | Выбор направления исследования | Руководитель проекта | 2,8 | 1,953 | 5,468 |
| 4 | Подбор и изучение литературы по теме | Исполнитель проекта | 7,6 | 0,798 | 6,06 |
| 5 | Проведение теоретических исследований | Исполнитель проекта | 8,4 | 0,798 | 6,7 |
| 6 | Анализ исследований | Исполнитель проекта | 7,6 | 0,798 | 6,06 |
| 7 | Оценка результатов исследований | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 5,8 | 2,751 | 15,955 |
| 8 | Составление пояснительной записки | Руководитель проекта, Исполнитель проекта | 9,8 | 2,751 | 26,959 |
| Итого | | | | | 77,638 |

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (6)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

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

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

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}}, \quad (7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

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

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где Z_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 | 72 | 58 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 227 | 241 |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (9)$$

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

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

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 $Z_{тс}$);

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ 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 | $Z_{тс}$, тыс. руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_m , тыс. руб. | $Z_{дн}$, тыс. руб. | T_p , раб. дн. | $Z_{осн}$, тыс. руб. |
|------------------------|----------------------------|----------|-------|-------|-------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Руководитель | 18,221 | 0,3 | 0,5 | 1,3 | 42,637 | 1,953 | 18 | 35,154 |
| Исполнитель проекта | 14,584 | 0 | 0 | 1,3 | 18,959 | 0,798 | 40 | 31,92 |
| Итого: | | | | | | | | 67,074 |

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 35154 = 4570 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 31920 = 4149 \text{ руб},$$

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

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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (10)$$

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 | 35154 | 4570 |
| Исполнитель проекта | 31920 | 4149 |

| | |
|--|-------|
| Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды | 0,271 |
| Итого | |
| Исполнение 1 | 10765 |

Прочие расходы

Прочие расходы учитывают затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д

$$3 = (40 * d_{ик}) + (5 * d_p) + d_б = (40 * 60) + (5 * 15) + 230 = 2705 \text{руб.}, \quad (11)$$

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

$d_б$ – стоимость упаковки бумаги;

d_p – стоимость ручки.

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 | 67074 | |
| 2. Затраты по дополнительной | 8619 | |

| | | |
|-------------------------------------|-------|---------------|
| заработной плате исполнителей темы | | |
| 3. Отчисления во внебюджетные фонды | 10765 | |
| 4. Прочие расходы | 2705 | |
| 5. Бюджет затрат НТИ | 89163 | Сумма ст. 1-4 |

4.5. 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.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (12)$$

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. | Бурение с продувкой воздухом | Промывка газожидкостными системами | Промывка глинистым раствором |
|----------------------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1. Безопасность | 0,2 | 4 | 5 | 5 |
| 2. Удобство в эксплуатации | 0,15 | 4 | 4 | 3 |
| 3. Срок службы | 0,15 | 5 | 3 | 4 |

| | | | | |
|---------------------|------|------|-----|------|
| 4. Энергосбережение | 0,15 | 3 | 5 | 5 |
| 5. Надёжность | 0,25 | 5 | 4 | 3 |
| 6. Материалоёмкость | 0,1 | 4 | 3 | 5 |
| Итого: | 1 | 4,25 | 4,1 | 4,05 |

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 = 4,25.$$

$$I_p = 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 4,1.$$

$$I_p = 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 5 = 4,05.$$

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

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у бурения с продувкой воздухом.

Таким образом, бурение с продувкой воздухом остается эффективным методом и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ равный 89163 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-----------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 4Е31 | Колесникову Александру Сергеевичу |

| | | |
|---------------------|---------------------------|--|
| Институт | Кафедра | ТПМ |
| Уровень образования | Направление/специальность | 15.03.02. «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» |
| Бакалавриат | | |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| <p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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) | <p>Рабочее место – дожимная компрессорная станция. Оборудование: поршневой компрессор. Вредные факторы: - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибрации. Опасные факторы: - повышенная температура маслосистемы; - пожароопасность; - наличие вращающихся механизмов. Воздействие на окружающую среду: - загрязнение атмосферы; - загрязнение гидросферы; - загрязнение литосферы. Возникновение чрезвычайных ситуаций: - аварийная остановка при выходе из строя крейцкопфа; - нарушение рабочего режима маслосистемы; - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - пожар при повреждении системы подачи газа.</p> |
|--|--|

| | |
|---|---|
| <p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p> | <p>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</p> |
|---|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|---|
| <p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); | <p>Физико-химическая природа вредных факторов: - повышенные уровни шума; - повышенные уровни вибрации. Действие факторов на организм человека: - ухудшение слуха; - влияние на нервную систему; - раздражение человека;</p> |
|--|---|

| | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) | <ul style="list-style-type: none"> - нарушение работы сердечно-сосудистой системы; - головные боли; - тошнота. <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шумопоглощающая изоляция; - звукоизолирующие кожухи; - активные средства виброзащиты. <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - противошумные наушники; - противошумные вкладыши; - вибродемпфирующие перчатки; - рукавицы. |
| <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) | <p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - наличие движущихся частей; - наличие горячих частей; - поражение током. <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защитные кожухи; - спецодежда; - термостойкие перчатки; - наличие заземления; - использование электробезопасного инструмента. <p>Причины пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разлив топлива; - утечка газа. <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обучение пожарной ТБ; - контроль оборудования. <p>Первичные средства пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - огнетушитель; - песок. |
| <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | <p>Защита селитебной зоны: что бурение скважин с применением сжатого воздуха производится вдали от населенных пунктов, никаких мер по обеспечению безопасности селитебной зоны предпринимать не нужно.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы продуктов сгорания топлива, содержащие: – продукты полного сгорания горючих компонентов топлива; – компоненты неполного сгорания топлива.</p> <p>Воздействие на гидросферу: возможный разлив смазочно-охлаждающих жидкостей.</p> <p>Воздействие на литосферу: транспортировка оборудования, отходы связанные с текущим ремонтом скважины. Но в то же время бурение скважин с продувкой воздухом положительно сказывается на литосфере, т.к. останавливает разрушение мерзлого грунта.</p> <p>Решения по обеспечению экологической безопасности: - соблюдение инструкций при операциях по наливу и сливу смазочно-охлаждающих жидкостей;</p> |
| <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; | <p>Возможные ЧС на объекте: возникновение пожара вследствие разлива топлива</p> <p>В случае возникновения аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции,</p> |

| | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий | <p>предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p> |
| <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | <p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве". 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.</p> <p>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); 3) повышенная оплата труда работников</p> |
| <p>Перечень графического материала:</p> | |
| <p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p> | |

| | |
|--|-------------------|
| <p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p> | <p>01.05.2017</p> |
|--|-------------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------------|------------------------|---------|------|
| <p>Ассистент</p> | <p>Невский Е.С.</p> | <p>-</p> | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|-------------|---------------------------------------|---------|------|
| <p>4Е31</p> | <p>Колесников Александр Сергеевич</p> | | |

5. Социальная ответственность

Данная выпускная квалификационная работа посвящена исследованиям осложнений, возникающих при бурении скважин в вечномёрзлых породах и методах их решения.

В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при бурении в вечномёрзлых породах с продувкой воздухом.

В качестве персонала рассматривается бурильщик. Рабочее место – производственное пространство со всеми расположенными на нем основными и вспомогательными объектами, необходимым инструментом и специальными приспособлениями. Бурильщик работает в основном за пультом управления.

Выполняет работу преимущественно стоя. Регламентированные перерывы- 3% от рабочего времени. Бурильщик является руководителем работ в свою смену. От бурильщика зависит безопасность труда рабочих на буровой. Бурильщик несет ответственность за соблюдение правил охраны труда, правил пожарной безопасности, а также обязан правильно организовать работу своих подчиненных. В обязанности бурильщика входит руководство общими работами и обработке промывочной жидкости, принятие мер по устранению осложнений и аварий, а также выполнение всех работ, относящихся к опробованию скважины.

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на бурильщика на рабочем месте. Разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

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 при бурении скважин с применением сжатого воздуха:

1. повышенный уровень шума на рабочем месте;
2. повышенный уровень вибрации.

При разработке нефтегазовых скважин эксплуатируются различные машины, в ряде случаев, при работе которых, уровень шума и вибраций увеличивается.

К опасным факторам относятся:

1. наличие движущихся частей;
2. наличие горячих частей;
3. поражение током.

Винтовые компрессоры НВ предназначены для продолжительного использования с периодическим обслуживанием. Компрессоры серии НВ одноступенчатые винтовые с впрыском масла в камеру сжатия воздушного охлаждения с электроприводом. Компрессорный агрегат с электродвигателем установлен на виброопорах и закрыт звукопоглощающим кожухом. Все необходимое электрооборудование и пневматика смонтирована в корпусе, для работы компрессора достаточно подключения к электро и пневмосети.

5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.

В зависимости от длительного и интенсивного воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости, которое исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и (или) интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся постоянным изменением порога слышимости. Повышенный шум влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, репродуктивную функцию человека, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, способствует психическим заболеваниям.

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике,

а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем составляет 80 дБ.

Основными источниками шума на буровой являются: роторный стол до 115 дБ, буровая лебедка до 96 дБ, вибросито 98 дБ. При бурении ротором шум составляет до 115 дБ, при спускоподъемных операциях до 105 дБ. В связи с этим имеем превышение уровней шумов над нормами по ГОСТ 12.1.003-83 на 13-31 дБ.

Уровень шума, вызываемый компрессорной установкой НВ-10 составляет 75дБ, что не превышает допустимого значения, и не требует дополнительных средств индивидуальной защиты.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

5.3. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды

При работе с компрессорной установкой НВ-10 существует шанс получить травму. Компрессор имеет некоторые движущиеся части, которые должны находиться в защитном кожухе. Рабочие должны использовать спецодежду, предохраняющую волосы и конечности от повреждений движущимися частями. При проведении ремонтных работ компрессор должен быть обесточен. Помимо этого, компрессорная установка должна быть ограждена металлической решеткой.

Некоторые детали компрессора в процессе работы могут иметь высокую температуру. Работы внутри компрессора необходимо проводить не ранее чем через 30 минут после его остановки. При работе с компрессором необходимо использовать перчатки и каску.

Подключение компрессора к электроустановке должен производить квалифицированный персонал. Так же компрессор должен быть заземлен, а кабель заземления должен быть присоединен в месте, обозначенным знаком РЕ. При проведении работ под напряжением, необходимо пользоваться одной рукой, желательно правой.

5.4. Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны

Ввиду того, что бурение скважин с применением сжатого воздуха производится вдали от населенных пунктов, никаких мер по обеспечению безопасности селитебной зоны предпринимать не нужно.

Воздействие на атмосферу

Компрессор НВ-10 работает от дизельного двигателя, вследствие чего возникают незначительные выбросы газа в атмосферу.

Воздействие на гидросферу

Возможен разлив смазочных жидкостей, а также при несоблюдении правил технического обслуживания компрессорной установки возможен разлив масел и топлива. Также после проведения технического обслуживания возможна неправильная утилизация отработанного масла.

Воздействие на литосферу

Нарушение почвенного покрова при работе данного оборудования связано со следующими видами работ:

1. Транспортировкой бурового оборудования, материалов и людей в условиях отсутствия специально оборудованных дорог.
2. Подготовка дополнительной площади для установки оборудования;
3. Отходы, связанные с текущим ремонтом.

Решения по обеспечению экологической безопасности

При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.

Работающие с нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90.

При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам.

Устройства полигонов твердых бытовых отходов должны организовываться в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98.

5.5. Защита в чрезвычайных ситуациях

Самым опасным видом ЧС является пожар. Пожарная опасность при бурении скважины определяется двумя основными факторами: наличием на буровой площадке горючих материалов как в условиях нормальной работы, так и при возникновении аварийных ситуаций, а также возможностью образования источников зажигания в горючей среде.

При работе с компрессорной установкой пожар может возникнуть вследствие разлива масла или топлива и его последующего воспламенения.

Пожарно – профилактическая работа начинается с правильного выбора и планировки площадки для сооружения буровой установки. При этом важным условием правильного выбора является соблюдение противопожарных разрывов между бурящейся скважиной и близлежащими жилыми и промышленными объектами. Генеральные планы промышленных предприятий и Инструкцией по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтяной и газовой промышленности СН 433 – 79, которые предусматривают следующие минимальные расстояния от устья одной или куста нефтяных и газовых скважин до некоторых объектов: жилых зданий 300 м; общественных зданий 500 м; зданий и сооружений промышленных и сельскохозяйственных предприятий 100 м; зданий и сооружений подземных хранилищ газа 60 м.

Планировка площадки должна предусматривать:

1. возможность свободного перемещения людей и пожарной техники при возникновении пожара на буровой;
2. отвод жидкости, выбрасываемой из скважины при аварийных ситуациях;
3. предотвращение возможность затопления разлившейся жидкостью электрооборудования, находящегося под напряжением.

Важным условием обеспечения пожарной безопасности является правильное устройство и размещение двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Двигатели, а также буровые насосы можно устанавливать в помещении любой степени огнестойкости с негорючим полом. Необходимым условием обеспечения пожарной безопасности является строгое соблюдение требований, предъявляемых к электрооборудованию.

Осветительную и силовую электропроводку на буровой площадке выполняют проводами и кабелями, сечения и защиту которых выбирают как для невзрывоопасных помещений и установок. При этом открыто проложенные кабели должны быть бронированными и не иметь наружных покровов из горючих веществ (джута, битума и д. р.). Кабели к переносным токоприемникам должны иметь исполнение для средних условий работы. Кабельные линии, прокладываемые на буровой площадке должны выполняться из цельных кусков кабелей и не содержать соединительных и осветительных кабельных муфт.

Буровые установки должны быть обеспечены аварийным освещением напряжением не выше 12 В и переносными взрывозащищенными светильниками того же напряжения. Питание их может осуществляться от автономного источника или от двухобмоточного трансформатора, корпус и один из низковольтных выводов которого должны быть заземлены.

Основные меры, обеспечивающие пожарную безопасность сварочных работ вблизи устья скважины, - это удаление горючих материалов с места проведения сварочных работ и обеспечению надежной работы сварочного оборудования. Перед проведением сварочных работ рабочую площадку

очищают от горюче смазочных материалов, а горючие конструкции, находящиеся на расстоянии до 4 м от места огневых работ, защищают от искр металлическими листами или асбестом.

Комплекс пожарно – профилактических мероприятий на буровых включает в себя организацию поста или стенда с комплектом противопожарного инвентаря. Набор первичных средств пожаротушения, приходящийся на одну бурящуюся скважину, должен включать: шесть пенных огнетушителей, 2 м³ песка в ящиках, четыре лопаты, два лома, два топора, два багра, четыре пожарных ведра.

5.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

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.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях (учебных центрах), имеющих соответствующую лицензию.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

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 (ст. 92 ТК РФ);

2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);

3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

Заключение.

Результатом проведения данной работы стало исследование технологических решений при бурении в условиях Крайнего Севера. Рассмотрена технология бурения в многолетнемерзлых породах. Выявлены основные виды осложнений и причины их возникновения при бурении, такие как протаивание и обратное промерзание прискваженной зоны.

Проанализированы технологические решения при бурении в ММП, такие как бурение с продувкой воздухом, бурение с применением газожидкостных систем, бурение с применением глинистых растворов, цементирование скважин с применением облегченного тампонажного раствора. В ходе анализа были выявлены основные достоинства и недостатки предложенных методов. При бурении обводненных скважин рекомендуется применять газожидкостные системы, а при бурении скважин в отдаленных местах с отсутствием водоснабжения рекомендуется применять продувку воздухом.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен SWOT-анализ проекта с определением его сильных и слабых сторон, а также с определением угроз и возможностей при его осуществлении.

В главе социальная ответственность были рассмотрены, как опасные, так и вредные факторы, и проанализированы способы борьбы с ними. Также рассмотрены возможные воздействия на окружающую среду, например на: селитебную зону, воздействие на атмосферу, гидросферу и литосферу.

Список использованных источников:

- 1) Марамзин А.В. Бурение скважин в условиях Крайнего Севера (в многолетней мерзлоте). – М.: Гостоптехиздат, 1959. – 224 с.
- 2) Грязнов Г.С. Особенности бурения глубоких скважин в многолетнемерзлых породах // Газовая пром-сть. – 1965. – № 8. – С. 7–11.
- 3) Грязнов Г.С. Особенности глубокого бурения скважин в районах вечной мерзлоты. – М.: Недра, 1969. – 168 с.
- 4) Основные направления работ по созданию надежных конструкций газовых скважин в криолитозоне / А.И. Гриценко [и др.] // Экспериментальные и теоретические взаимодействия скважин с многолетнемерзлыми породами: сб. науч. тр. ВНИИгаза. – 1979. – С. 7–13.
- 5) Медведский Р.И. Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномерзлых породах. — М.: Недра, 1987,— 230 с., ил.
- 6) Кудряшов Б.Б., Кирсанов А.И. Бурение скважин с применением воздуха. М.: Недра, 1990, 263с.
- 7) Промывочные среды для бурения скважин в мерзлых породах и льдах /В.К. Чистяков, П. Г.Талалай, А.А.Яковлев, А . М.Яковлев . - М., 1999. - 78 с. - (Техн., технол. и орг. геол. -развед. работ. Обзор /ЗАО "Геоинформмарк") . - Библиогр . : с. 77-78
- 8) Строительство скважин специального назначения: Учебно-справочное пособие/А.Г. Калинин, В.И. Лисов, А.А. Сазонов, С.Н. Бастриков. Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Российский государственный университет имени Серго Ордженикидзе. — М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2015. 648с.
- 9) Магурдумов А.М. Разведочное бурение с продувкой забоя воздухом. - М.: Недра, 1970. – 208 с.
- 10) Елманов И.П. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом в многолетнемерзлых породах. —М.: Недра.1965г. 120с.

- 11) 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.
- 12) Медведский Р.И. Строительство и эксплуатация скважин на нефть и газ в вечномёрзлых породах. — М.: Недра, 1987. — 230 с., ил.
- 13) Кудряшов Б.Б., Климов В.Я. Анализ и основы расчета движения пены в скважине. В сб.: Методика и техника разведки - Л.: ВИТР, № 133, 1980. с.56-61.
- 14) Кудряшов Б.Б., Козловский А.Е. Теория и расчет давления пены в циркуляционной системе скважины. В сб.: Разработка и применение новых технических средств при геологоразведочном бурении - М.: МГРИ, 1984, с.73-81.
- 15) Яковлев А.А. Прогнозирование спроса и условия применения газожидкостных смесей и газожидкостных тампонажных растворов при бурении скважин. В сб. "Методика и техника разведки". - СПб. : ВИТР, 1998, № 9 (147).
- 16) Липовецкий А.Я. Некоторые мероприятия по улучшению тампонажных работ // Нефть. – 1938. – № 2. – С. 6–8.
- 17) Липовецкий А.Я. Цементирование скважин в зоне вечной мерзлоты // Тр. НИИГеологии Арктики. – 1952. – Т. LII. – 126 с.
- 18) Орешкин Д.В. Высококачественные цементные тампонажные материалы с полыми стеклянными микросферами//Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — 2003, №7. — С. 20-31.
- 19) Быков, И.Ю. Термозащита конструкций скважин в мерзлых породах [Текст]: учеб. пособие / И.Ю. Быков, Т.В. Бобылёва. – Ухта: УГТУ, 2007. – 131 с.: ил.