

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело
Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ методов борьбы с гидратообразованием на Мыльджинском нефтегазоконденсатном месторождении (Томская область)

УДК 622.279.72(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5Г	Афанасьев Дмитрий Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коровкин М. В.	д.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гладких М. А.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М. С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Ю.А.			

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3e)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>14,ПК-15)</i>
P6	<i>внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6,ПК-10, ПК-12)</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	<i>Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16,ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)</i>
P8	<i>Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P9	<i>Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23,ПК-24,ПК-25,ПК-26)</i>
P10	<i>Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P11	<i>Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов</i>	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3c), (ЕАС-4.2-e)</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Максимова Ю.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Б5Г	Афанасьеву Дмитрию Сергеевичу

Тема работы:

Анализ методов борьбы с гидратообразованием на Мыльджинском нефтегазоконденсатном месторождении (Томская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2024/с от 18.03.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1) Краткая характеристика Мыльджинского месторождения. 2) Общие сведения о гидратах и гидратообразовании. 3) Методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромисловых и газотранспортных системах. 4) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение проведения эксперимента аэромеханического метода.
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	5) Социальная ответственность. 6) Заключение
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Рассмотреть существующие методы борьбы с гидратообразованиями. Рассмотреть экспериментальный аэромеханический метод без применения метанола.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент, к.т.н., Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Ассистент, Черемискина Мария Сергеевна

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

1. Краткая характеристика месторождения
2. Общие сведения о гидратах и гидратообразовании
3. Методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромысловых и газотранспортных системах
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
5. Социальная ответственность

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коровкин М. В.	д.ф.-м.н.		
Старший преподаватель	Гладких М. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5Г	Афанасьев Дмитрий Сергеевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 Нефтегазовое дело

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
4.04.2019	1. Краткая характеристика месторождения	10
22.04.2019	2. Общие сведения о гидратах и гидратообразовании	15
10.05.2019	3. Методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромисловых и газотранспортных системах	25
20.05.2019	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
24.05.2019	5. Социальная ответственность	15
31.05.2019	6. Оформление работы	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Коровкин М. В.	д.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гладких М. А.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Старший преподаватель	Максимова Ю.А.			
--------------------------	----------------	--	--	--

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 9 рисунков, 20 таблиц, 30 источников.

Ключевые слова: гидраты, гидратообразования, борьба с гидратообразованиями, природный газ, аэромеханический метод.

Объектом исследования является аэромеханический метод борьбы с гидратообразованиями.

Целью работы является анализ существующих методов борьбы с гидратообразованиями.

Задачи:

Изучить механизм и причины явления образования газовых гидратов.
Рассмотреть существующие методы борьбы с гидратообразованиями.
Рассмотреть экспериментальный аэромеханический метод без применения метанола и определить расходы на проведение эксперимента.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и в программе редактирования таблиц Microsoft Excel 2016.

Обозначения, определения и сокращения

МГКМ – Мыльджинское газоконденсатное месторождение

УДСК – установка дезтанизации и стабилизации

УКПГ – установка комплексной подготовки газа

КНГКМ - Казанское нефтетегазоконденсатное месторождение

БСМ – базисный склад метанола

ПЗП – призабойная зона пласта

ЦМ – циклонная модель

СПИ – срок полезного использования

НТИ – научно – техническое исследование

ПДК – предельно – допустимая концентрация

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ЧС – чрезвычайная ситуация

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	14
1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	16
1.1 Общие сведения о месторождении	16
1.2 Запасы.....	17
1.3 Физико – химические свойства природного газа	17
1.4 Характеристика технологической установки	19
2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГИДРАТАХ И ГИДРАТООБРАЗОВАНИИ	20
2.1 Общие сведения о гидратах	20
2.2 Типы гидратов.....	20
2.3 Условия образования гидратов.....	22
3 МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ТЕХНОГЕННЫМ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕМ В ГАЗОПРОМЫСЛОВЫХ И ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ.....	26
3.1 Современные методы борьбы с гидратами на месторождениях	28
3.1.1 Ввод ингибитора	28
3.1.2 Ликвидация гидратных пробок методом снижения давления ..	29
3.1.3 Ликвидация гидратных пробок в трубопроводах природных газов методом подогрева	30
3.1.4 Ввод метанола	30
3.1.5 Ввод электролитов	32
3.2 Аэромеханический метод для предотвращения гидратообразования	33
3.2.1 Описание установки	33
3.2.2 Принцип действия.....	35
3.2.3 Экспериментальные данные эффективности метода	37
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ	41
4.1 SWOT-анализ.....	41
4.2 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования.....	43
4.3 Разработка графика проведения исследовательской работы	45
4.4 Бюджет научно-технического исследования	46

4.4.1 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы.....	47
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для проведения экспериментального исследования	48
4.4.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления	49
4.4.4 Расчет затрат на оплату труда	50
4.4.5 Расчет дополнительной заработной платы	52
4.4.6 Расчет отчислений во внебюджетные фонды	52
4.4.7 Расчет накладных расходов	53
4.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы.....	53
4.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования	54
Вывод.....	57
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	58
5.1 Производственная безопасность	60
5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	60
5.2.1 Отклонение показателей микроклимата рабочей зоны и на открытом воздухе	61
5.2.3 Превышение уровня шума и вибрации.....	61
5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	62
5.2.4 Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	62
5.2.5 Воздействие токсичных и раздражающих веществ на организм человека.....	63
5.2.6 Повреждения в результате контакта с насекомыми.....	63
5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	63
5.3.1 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	64
5.3.2 Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением ..	64
5.3.4 Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте.....	64
5.3.5 Электробезопасность.....	65

5.4 Экологическая безопасность	66
5.4.1 Мероприятия по охране атмосферного воздуха	66
5.4.2 Мероприятия по охране водных объектов	67
5.4.3 Мероприятия по охране земельных ресурсов.....	67
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	68
5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
5.6.1 Правовые нормы трудового законодательства	70
5.6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	70
Вывод.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73

Введение

В настоящее время процессы добычи, транспорта, хранения и переработки газа осложнены проблемой образования газовых гидратов. Это связано с наличием в потоке газа водной фазы, способной при определенных температурах и давлениях в газопроводе образовывать совместно с газовыми молекулами соединения включения. На этот процесс могут оказывать влияние физико-химические характеристики воды и газа. Возникновение гидратных отложений в призабойной зоне пласта оказывает влияние на дебит скважины, т. е. снижает его. Особенно большое внимание уделяется вопросам подготовки газа для его транспортировки по газопроводам большой протяженности [24], а также на участках с высокими скоростями потока среды [25]. Гидраты закупоривают частично или полностью проходное сечение трубы, что приводит к возникновению в трубопроводе зон с повышенным давлением. При продавливании газогидратной пробки на газораспределительных станциях могут возникнуть условия для газодинамического удара, который является одним из механизмов стремительного разрушения трубопроводов.

В целом образование гидратов приводит к серьезным осложнениям при эксплуатации газовых месторождений и даже к крупным авариям. Предупреждение и предотвращение этих осложнений при является актуальной научно-технической и производственной проблемой. На сегодняшний день подробно изучены условия образования и разложения гидратных соединений. Известны значения температур, давлений, при достижении которых вероятность гидратообразования повышается. Предложены различные модели механизма образования гидратов, изучены скорости роста гидратов при различных условиях и выявлены факторы, влияющие на скорость образования гидратов, разработаны методы расчета изменения температуры и давления при движении газа, жидкости и газожидкостных смесей в трубопроводах, а также скорости роста гидратов [13]. Все вышеперечисленное легло в основу методов борьбы с гидратообразованиями, которые можно использовать для

определенных условий. Экономические затраты нефтегазовых компаний на осуществление этих методов составляет значительную часть стоимости эксплуатации газовых месторождений [14]. Поэтому сокращение затрат на борьбу с образованием гидратов вызывает интерес многих нефтегазовых компаний мира.

1 Краткая характеристика месторождения

1.1 Общие сведения о месторождении

Мыльджинское газоконденсатное месторождение введено в эксплуатацию в 1999 году и разрабатывается по настоящее время. Установка комплексной подготовки газа рассчитывалась на объемы добычи газа 160 тыс. м³/ч, поэтому была предложена технология низкотемпературной сепарации с использованием дросселя. Начальное пластовое давление составляло 12 МПа, что позволяло поддерживать достаточный перепад давления на дроссели без компримирования газа после первоначальной ступени сепарации для поддержания заданного технологического режима, а именно точка росы по углеводородам в летний период минимальная -5⁰ С, по воде -10⁰ С, в зимний период точка росы по углеводородам минимальна - 10⁰С, по воде -20⁰ С.

В состав подготовки газа на МГКМ входит установка деэтанзации и стабилизации конденсата, предусмотренная на максимальную нагрузку 30 тысяч тонн нестабильного конденсата. На УДСК подготавливаются два готовых продукта:

- 1) стабильный конденсат, который перекачивается насосами в центральный нефтесборный пункт Томской области Лугинецкое месторождение;
- 2) смесь пропан-бутана технического.

В проекте разработки МГКМ не было заложена система поддержания пластового давления. И с последующими годами эксплуатации месторождения продуктивный пласт истощался. С 2006 года наблюдается резкое снижение пластового давления [26].

Анализ статистических характеристик неоднородности продуктивных пластов показывает, что наиболее неоднородными коллекторами являются пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₂², Б₁₀, характеризующиеся низкими значениями

коэффициента песчаности – 0,27 – 0,44. Коэффициент расчлененности для пластов юры незначительный (1,8 – 2,7), для пласта Б₁₀ его среднее значение равно 7,8. Основные продуктивные пласты Ю₁³ и Ю₁⁴ довольно однородны по коэффициенту песчаности и расчлененности.

1.2 Запасы

Запасы газа и конденсата, подсчитанные по юрским и меловым отложениям, рассматривались ГКЗ СССР по результатам бурения 32 скважин. Утвержденные начальные запасы газа и конденсата по категории В + С₁ составляет 91567 млн. м³ и 9543/6949 тыс. т. Запасы газа и конденсата категории С₂ учтены в количестве 7596 млн. м³ и 891/552 тыс. т соответственно.

После подсчета запасов на месторождении пробурено 12 скважин, уточнивших его геологическое строение. Было подтверждено наличие нефтяной оторочки в пластах Ю₁¹ и Ю₁⁴, после чего в 1983 – 1984 гг осуществлен подсчет запасов нефти категории С₁ в количестве 10960/3170 тыс. т.

В 1995 – 1996 гг институтом ТомскНИПИнефть проведена детальная корреляция разреза верхнеюрских отложений, в результате чего в объеме горизонтов Ю₁ и Ю₂ выделены пласты Ю₁¹, Ю₁², Ю₁³, Ю₁⁴, Ю₂¹ и Ю₂².

Уточненные балансовые запасы газа и конденсата категории В + С₁ составляют 82631 млн. м³ и 8613 тыс. т, категории С₂ - соответственно 7940 млн. м³ и 861 тыс. т. [28].

1.3 Физико – химические свойства природного газа

Бесцветный газ, легче воздуха, предельно-допустимая концентрация газа в воздухе – 300 мг/м³, горюч, взрывоопасен, предел взрываемости по метану – 5÷15 % об., температура воспламенения – 450°С, токсичен, средний удельный вес – 0,795 кг/м³. Молекулярная масса газа – 17,83 г/моль. Природный газ,

прошедший УКПГ согласно техническим условиям ОСТ 51.40-93, должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Физико-химические показатели газа горючего природного, поставляемого и транспортируемого по магистральным газопроводам (СТО Газпром 089-2010) [27]

Наименование показателя	Значение для макроклиматических районов	
	умеренный	холодный
1 Компонентный состав, молярная доля, %	Определение обязательно	
2 Температура точки росы по воде (ТТР _в) при абсолютном давлении 3,92 МПа (40,0 кгс/см ²), °С, не выше: – зимний период – летний период	-10,0 -10,0	-20,0 -14,0
3 Температура точки росы по углеводородам (ТТР _{ув}) при абсолютном давлении от 2,5 до 7,5 МПа, °С, не выше: – зимний период – летний период	-2,0 -2,0	-10,0 -5,0
4 Массовая концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,007 (0,020)	
5 Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,016 (0,036)	
6 Массовая концентрация общей серы, г/м ³ , не более	0,030 (0,070)	
7 Теплота сгорания низшая при стандартных условиях, МДж/м ³ (ккал/м ³), не менее	31,80 (7600)	
8 Молярная доля кислорода, %, не более	0,020	
9 Молярная доля диоксида углерода, %, не более	2,5	
10 Массовая концентрация механических примесей, г/м ³ , не более	0,001	

11 Плотность при стандартных условиях, кг/м ³	Не нормируют, определение обязательно
----------------------------------------------------------	---------------------------------------

1.4 Характеристика технологической установки

УКПГ предназначена для сбора и подготовки газа МГКМ, Казанского нефтетегазоконденсатного месторождения (КНГКМ), СевероВасюганского газоконденсатного месторождения (СВГКМ) до соответствия требованиям СТО Газпром 089-2010 «Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам» с последующей подачей его в магистральный газопровод с давлением 3,2 – 5,5 МПа.

Для предотвращения гидратообразования при понижении температуры газожидкостной смеси перед теплообменниками в поток газа и жидкости предусмотрен впрыск метанола. Для обратного снабжения УКПГ метанолом, предусмотрена колонна отдувки метанола, которая позволяет уменьшать потребление свежего метанола за счет его повторного использования. Для создания запаса метанола, необходимого для вывода скважин на режим эксплуатации и постоянной подачи на установку комплексной подготовки газа, имеется Базисный склад метанола (БСМ) [26].

2 Общие сведения о гидратах и гидратообразовании

2.1 Общие сведения о гидратах

Гидраты – соединения, образованные молекулами газа и воды, которые можно отнести к такому классу химических соединений как клатраты. В этих «соединениях включения» молекулы одного вещества находятся внутри структур молекул другого.

Многие из компонентов, обычно входящих в состав природного газа, образуют гидраты в соединении с водой. Образование гидратов является одной из проблем, связанных с процессами добычи, переработки и транспортировки природного газа и его производных жидкостей.

Термин «гидраты» в нефтегазовой промышленности применяют к веществам, находящимся в газообразном состоянии при комнатной температуре. В число таких веществ входят метан, этан, двуокись углерода, сероводород и др. Отсюда возник термин «газовые гидраты» [15]. Способность воды образовывать гидраты объясняется наличием в ней водородных связей. Водородная связь заставляет молекулы воды выстраиваться в геометрически правильные структуры. В присутствии молекул некоторых веществ эта упорядоченная структура стабилизируется и образуется смесь, выделяемая в виде твердого осадка. Молекулы воды в таких соединениях называются «хозяевами», а молекулы других веществ, стабилизирующие кристаллическую решетку, – «гостями». Молекулы – гости называются «гидратообразующие вещества» или «гидратообразователи». Кристаллические решетки гидратов имеют сложное, трехмерное строение, где молекулы воды образуют каркас, в полостях которого находятся заключенные молекулы - гости.

2.2 Типы гидратов

Соединения гидратов удерживаются с помощью сил Ван-дер-Ваальса. Обычно соединения включения образуются в виде двух структур, полости

которых заполняются молекулами гидратообразователей частично или полностью (рисунок 1). Основой каждого вида структур строения гидратов является пентагональный додекаэдр, состоящий из двадцати молекул воды, соединенных водородными связями длиной около 0,275 нм. Пентагональные гексаэдрами додекаэдры упаковываются вместе с тетраэдрами с образованием двенадцати пентагональных и двух гексагональных граней в гидратах структуры I и с с образованием двенадцати пентагональных и четырех гексагональных граней в гидратах структуры II (рисунок 2.1).

Каждая элементарная ячейка гидрата структуры I состоит из 46 молекул воды, образующих две малые (додекаэдры) и шесть больших (тетрадекаэдры) полостей. Объем додекаэдра около 1,69 нм³, а тетрадекаэдра - около 2,16 нм³ [16].

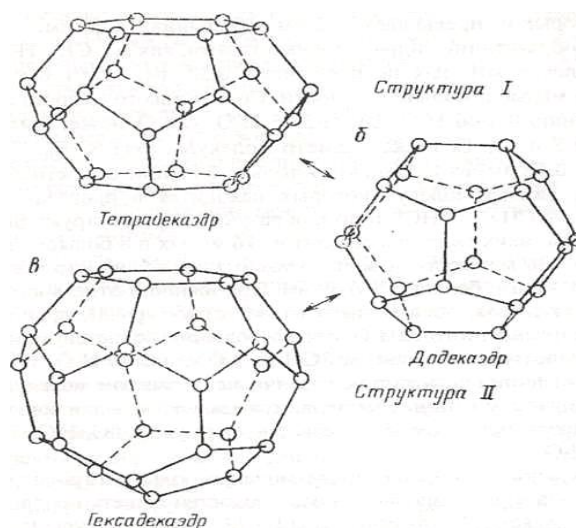


Рисунок 2.1 – Типы структур гидратов

В малых полостях структуры I могут располагаться молекулы газа, размер которых не превышает 0,52 нм, в больших - 0,59 нм. При образовании гидрата такими газами, как Ag, CH₄, H₂S и другими, размер молекул которых не превышает 0,52 нм, могут быть заполнены полностью малые и большие полости. Состав такого гидрата определяется по выражению 8G*46 H₂O или G*5,75 H₂O, где G может быть молекулой Ag, CH₄, H₂S и т.д. Если же диаметр

молекулы газа (C_3H_6 , Cl , SO_2 и т.д.) превышает 0,52 нм, то заполняются только большие полости гидрата.

Газы, размер молекул которых находится в пределах 0,59-0,69 нм (C_3H_8 , $i-C_4H_{10}$, CH_2C_2 , $CHCl_2$ и др.), образуют гидраты структуры II. Элементарная ячейка таких гидратов состоит из 16 малых и 8 больших полостей, образованных 136 молекулами воды. Максимальный диаметр малых полостей составляет 0,48 нм, больших — 0,69 нм. При наличии отдельного компонента гидратообразователя, образующего гидрат структуры II, происходит заполнение молекулами этого газа G только больших полостей, при этом состав гидрата определяется по формуле $8G \cdot 136 H_2O$ или $G_1 \cdot 17 H_2O$.

При наличии смеси газов с различным диаметром молекул образуются двойные гидраты, у которых заполняются как малые, так и большие полости. Состав гидрата при этом определяется формулой $8G_1 \cdot 16G_2 \cdot 136 H_2O$ или $G_1 \cdot 2G_2 \cdot 17 H_2O$ [17].

2.3 Условия образования гидратов

Факторами, которые влияют на образование и стабильность гидратов, являются:

1. Давление и температура. Одно из условий образования гидратов является сочетание низкой температуры и высокого давления. На практике условия образования гидратов определяют с помощью равновесных графиков (рисунок 2.2) или расчётным путём – по константам равновесия и графоаналитическим методом по уравнению Баррера – Стюарта [18].

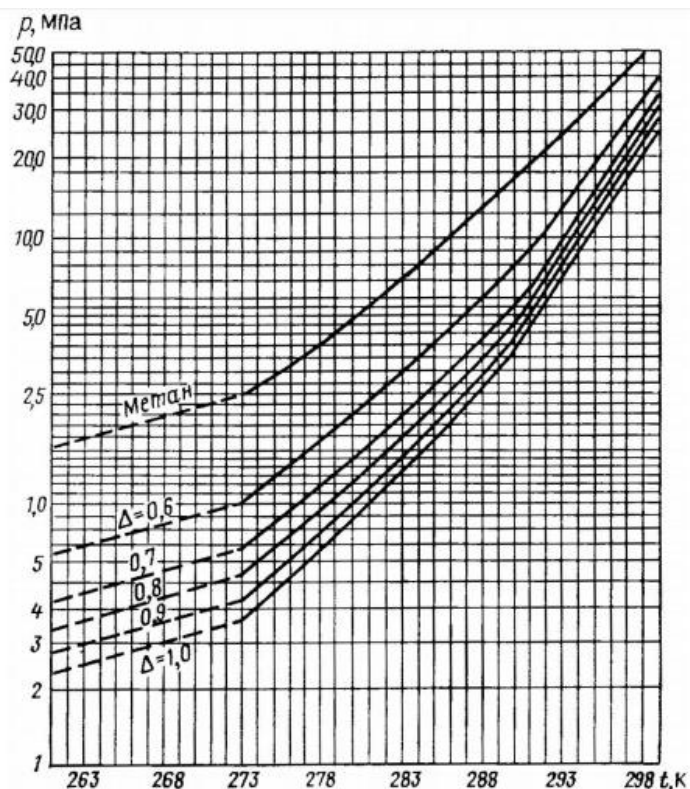


Рисунок 2.2 – Кривые образования гидратов природных газов в зависимости температуры и давления

2. Наличие газов и их состав. К газам, которые способны образовывать гидраты, относятся метан, этан, пропан, двуокись углерода, сероводород и др.

3. Фазовое состояние воды и её состав [18].

Об условиях образования гидратов можно судить по фазовой диаграмме равновесия или гетерогенного состояния, представленной на рисунке 2.3. Диаграммы гетерогенного состояния системы «газ - вода» характеризуются наличием нескольких точек, которые существуют в пересечениях отдельных кривых состояния компонентов. Гидраты существуют при условиях, соответствующих областям III, IV на графике. На диаграмме в пределах приведенных величин давления и температуры квадрупольными являются точки А, В, С и D. Точка С является верхней критической точкой образования гидратов, точка В - нижней. Также эти точки называются инвариантными т.к. в этих точках существуют все четыре фазы: гидрат, газообразный гидратообразователь, гидратообразователь в воде, лёд.

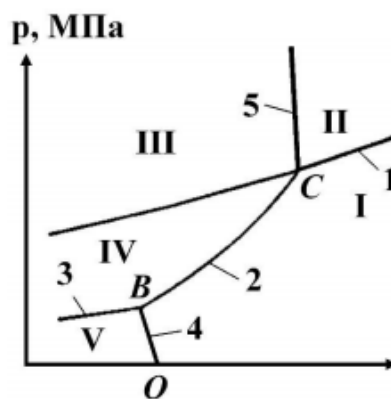


Рисунок 2.3 – Диаграмма фазового состояния гидратов различной относительной плотности

Фазовые диаграммы для газов, у которых критическая температура ниже равновесной температуры гидратообразования, характеризуются наличием трех квадрупольных точек.

Процесс образования гидратов, по Ю.Ф. Макогону, состоит из двух стадий. Первая стадия включает в себя образование зародышей кристаллизации. Вторая стадия – стадия роста кристаллогидратов вокруг образовавшихся ранее зародышей. Зародыши кристаллизации формируются на поверхности:

- свободного контакта «жидкая вода - газ», «жидкая вода - сжиженный газ»;
- капельно-пленочной воды, сконденсировавшейся в объеме газа;
- газовых пузырьков, выделяющихся в объеме воды;
- капель диспергированного сжиженного газа, испаряющегося в объеме свободного газа, насыщенного парами воды;
- контакта «вода - металл», где происходит сорбция молекул газа, растворенного в воде [19].

Газовые гидраты могут образовываться в ПЗП, стволе скважины, газопроводе, тем самым закупоривая промышленное оборудование. Также гидраты могут нарушать работу регулирующих средств и измерительных приборов.

3 Методы борьбы с техногенным гидратообразованием в газопромысловых и газотранспортных системах

Методы борьбы с гидратообразованиями направлены на:

- 1) Предупреждение образования гидратов
- 2) Ликвидацию гидратообразований.

Для предупреждения образования гидратов в скважинах применяют следующие методы:

- поддержание соответствующего технологического режима эксплуатации скважины;
- подача антигидратных ингибиторов на забой скважины;
- периодическое удаление жидкости, скапливающейся на забое;
- устранение причин, вызывающих пульсацию газа в скважине.

Ликвидация образований гидратов в скважинах осуществляется:

- продувкой в атмосферу с необходимой предварительной выдержкой скважины в закрытом состоянии с целью частичного разложения гидратов под влиянием тепла окружающих пород;
- закачкой антигидратного ингибитора на гидратную пробку с выдержкой для разложения гидратной пробки и с последующей продувкой в атмосферу.

Для предупреждения образования гидратов в фонтанной арматуре, а также на участках системы сбора и транспорта применяют следующие методы:

- обогрев отдельных узлов и участков;
- ввод в поток газа ингибиторов (метанола, ДЭГ, ТЭГ и др.);
- устранение резких перепадов давления, которые могут вызывать изменение температуры газа, ведущее к конденсации пара и образованию гидратных отложений;

- удаление жидкости, скапливающейся в пониженных местах системы сбора и внутрипромыслового транспортирования газа, при помощи конденсатосборников или дренажных патрубков;

- регулярная продувка газопроводов [20].

Также методы борьбы с гидратообразованиями классифицируются по принципу действия (рисунок 3.1):



Рисунок 3.1 – Классификация методов борьбы с гидратообразованием

1. Химические:

а) ингибиторы гидратообразования (термодинамические и кинетические);

б) ингибиторы гидратоотложения (многофазный транспорт продукции газоконденсатных и газонефтяных скважин в режиме гидратообразования) [21];

2. Технологические;

3. Физические :

а) тепловые;

б) с применением физических полей – акустические;

в) механические.

Механические методы заключаются в удалении гидратообразований либо путем скребкования, либо путем нагрева интервала с отложением гидратов. Технологические методы заключаются в создании термобарических условий, препятствующих образованию гидратов, путем контроля технологического процесса.

Рассмотрим подробнее химические методы т.к. они получили самое большое распространение. Ингибитор гидратообразования – вещество, которое изменяет термобарические условия образования гидратов, либо влияет на скорость образования гидратов в газожидкостном потоке. С целью более детального описания ингибиторов гидратообразования разделим их на три класса:

1. Термодинамические ингибиторы – вещества, изменяющие активность воды и тем самым, сдвигают трехфазное равновесие «газ-водная фаза-газовые гидраты» в сторону более низких температур. К ним относятся алифатические спирты, гликоли и водные растворы неорганических солей;

2. Кинетические ингибиторы – предотвращают на некоторое время процесс зародышеобразования гидратов и замедляют рост жизнеспособных центров кристаллизации;

3. Реагенты, замедляющие рост газогидратных агломератов за счет блокировки жидкой водной фазы, предотвращая контакт «газ-вода» [21].

3.1 Современные методы борьбы с гидратами на месторождениях

3.1.1 Ввод ингибитора

Рост перепада давления на участке трубопровода обычно говорит об образовании пробки гидрата. При образовании не сплошной пробки или сплошной пробки небольшой длины, то гидратные пробки ликвидируются

посредством ввода ингибитора в трубопровод через специальные патрубки, штуцеры для манометров или через продувочную свечу.

При образовании пробки длиной, достигающей до значения в несколько сотен метров, над местом её расположения в трубе вырезается несколько окон для ввода ингибитора – метанола, после чего труба заваривается обратно. Также применяется комбинированный способ для более быстрого разложения гидратных пробок [22].

3.1.2 Ликвидация гидратных пробок методом снижения давления

Принцип этого метода основывается в нарушении равновесного состояния гидратов, которое способствует дальнейшему их разложению. Для нарушения равновесного состояния необходимо снизить давление одним из трех способов:

- отключение участка газопровода с образовавшейся гидратной пробкой, и с двух сторон через свечи пропускание газа;
- перекрытие линейного крана с одной стороны и выпуск в атмосферу газа, заключенного между пробкой и одним из перекрытых кранов;
- отключение участка газопровода с обеих сторон пробки и выпуск в атмосферу газа, заключенного между пробкой и одним из перекрытых кранов.

При использовании данного метода нужно учитывать возможность накопления жидких углеводородов на продуваемом участке и образование повторных гидратных пробок вследствие резкого понижения температуры. При отрицательных температурах по данному методу в некоторых случаях не получают должного эффекта из-за того, что образовавшаяся после разложения пробки вода превращается в лед и образуется уже ледяная пробка. Для такого случая применяют комбинированный метод, который помимо снижения давления включает в себя еще и ввод ингибитора. Таким образом разложение

гидрата происходит быстрее, чем при применении этих методов по отдельности [22].

При применении данного метода может происходить увеличение технологических потерь газа, т. к. продувка происходит с выпуском газа в атмосферу [23].

3.1.3 Ликвидация гидратных пробок в трубопроводах природных газов методом подогрева

Данный способ влияет на изменение температуры. Она становится выше равновесной температуры образования гидратов, что приводит к разложению гидратов. На практике трубопровод подогревается горячей водой или паром. Исследования показали, что повышение температуры в точке контакта гидрата и металла до 30 - 40°C достаточно для быстрого разложения гидратов.

Метод подогрева гидратов приводит к их разложению, однако на магистральных газопроводах применение данного способа практически невозможно и экономически нецелесообразно, так как он требует больших капитальных и эксплуатационных расходов [25].

3.1.4 Ввод метанола

Ввод метанола в струю газа является часто используемым методом на газовых промыслах. Метанол при контакте с парообразной и жидкой влагой образует смесь спирта и воды, температура замерзания которой значительно ниже нуля. Пары воды поглощаются из газа, вследствие чего снижается точка росы, т. е. создаются условия, необходимые для разложения гидратных соединений.

Эффективность действия метанола заключается во взаимодействии паров воды с парами самого метанола и их дальнейшая конденсация. Это приводит к понижению влагосодержания газа. Наибольшей эффективности

при применении метанола можно достигнуть во время его использования в качестве агента, предупреждающего образование гидратов. В этом случае, метанол впрыскивается в газовый поток, обеспечив хорошее распыление и смешение с общим газовым потоком. Для борьбы с гидратообразованием на групповом пункте предусматривается одна (иногда две) метанольная установка (рисунок 3.2).

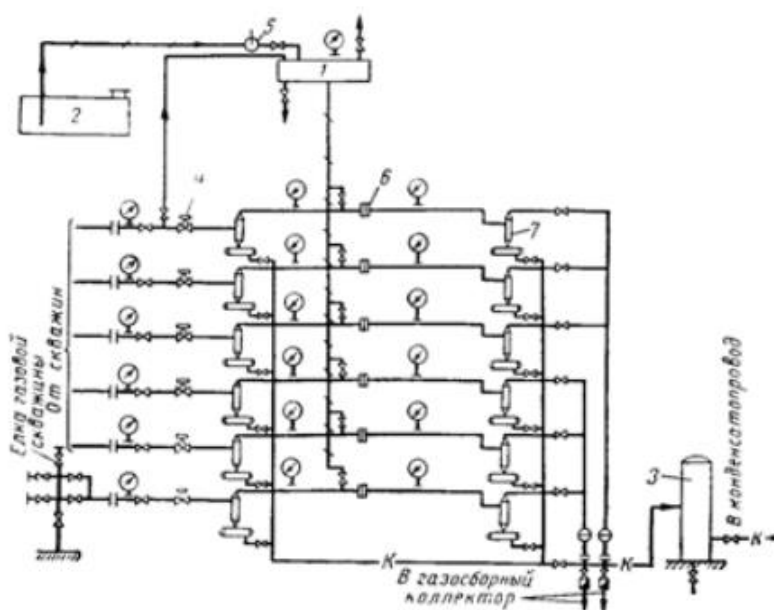


Рисунок 3.2 – Схема группового сбора и очистки газа

1 - метанольный бачок; 2 – емкость для хранения метанола; 3 – емкость конденсата; 4, 6 – штуцер регулируемый; 5 – ручной насос; 7 – сепаратор; К – линии конденсата.

Метанол вводится, как правило, после сепараторов первой ступени под избыточным давлением, равным разности между давлением высоконапорной скважины, с которой соединен метанольный бачок, и давлением скважин, в которые вводится метанол, что составляет около 30— 50 кгс/см² [22].

Также у этого метода есть недостатки. Метанол – сильный яд, попадание в организм даже небольшой дозы может привести к смертельному исходу, поэтому при работе с ним требуется особая осторожность [24].

3.1.5 Ввод электролитов

При переходе сеноманских залежей месторождений Западной Сибири на позднюю стадию разработки удельный расход метанола постепенно возрастает. Поэтому представляется целесообразным поиск оптимальных с технико-экономической точки зрения ингибиторов гидратообразования с учетом как термодинамического, так и кинетического аспектов их действия [24].

Для борьбы с гидратообразованием все чаще используется метод ввода электролитов и, в частности, водный раствор хлористого кальция. Данный раствор является недорогим, безопасным и достаточно эффективным ингибитором гидратообразования. Также применяются водные растворы хлористого лития. Так, если растворы хлористого кальция плотностью 1,08 снижают равновесную температуру на 3,5 °С, то растворы хлористого лития этой же плотности приблизительно на 14 °С. Дальнейшее повышение плотности раствора хлористого лития приводит к еще большему эффекту. При растворе плотностью 1,1 кристаллогидраты не были получены даже тогда, когда давление в системе было поднято до 240 кгс/см², а температура снижена до 0,9°С.

Полученные данные свидетельствуют о весьма высокой эффективности растворов хлористого лития, применяемых в качестве антигидратных ингибиторов. Эффективность этих растворов заключается в относительно низкой рабочей концентрации, а также низкой температурой замерзания. Ионы солей, которые находятся в растворе, способствуют разрушению ассоциаций молекул воды, в следствие чего снижается вероятность образования гидратов. Следовательно, количество ионов в растворе

оказывается прямое влияние на вероятность образования из молекул воды кристаллических решеток гидратных соединений [22].

3.2 Аэромеханический метод для предотвращения гидратообразования

В данной работе на практике был рассмотрен экспериментальный аэромеханический метод для борьбы с гидратообразованием. Метод основывается на действии центробежных сил, особенностях разделении многофазных сред и взаимодействии системы на основе теплофизических явлений. Данный способ позволяет получить высокую степень разрушения гидратов в газожидкостной смеси без использования ингибитора гидратообразования (метанола), применение которого является одним из самых распространенных методов.

3.2.1 Описание установки

Для экспериментального исследования в работе использовалась экспериментальная установка для моделирования улавливания гидратов ЦМ-20, схема которой представлена на рисунке 3.3.

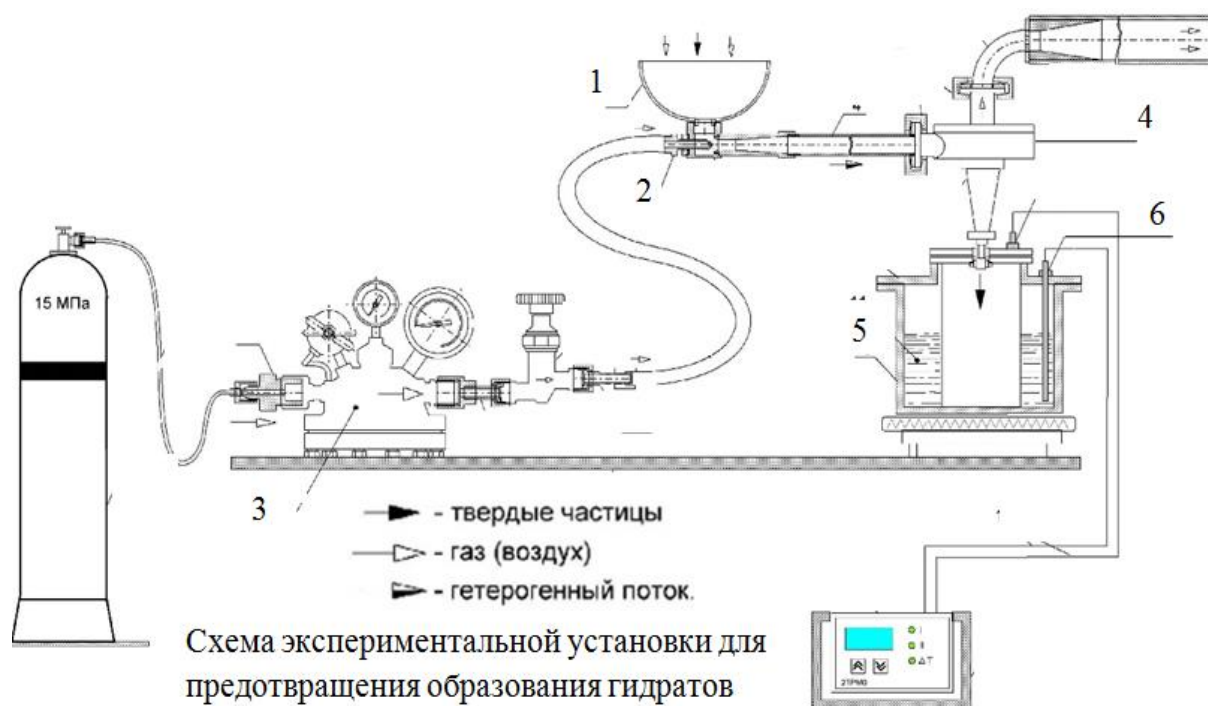


Рисунок 3.3 – Схема экспериментальной установки ЦМ – 20

1- воронка приемная; 2 - эжектор; 3 - регулятор давления; 4 - циклон; 5 - форбункер; 6 - датчик температуры.

Установка состоит из эжектора, снабженного приемной воронкой с регулируемым центральным соплом. К выходному срезу эжектора присоединен трубопровод. На выходе трубопровода смонтирован циклон с форбункером. Форбункер погружен в подогретую жидкость, которая находится в сосуде. Подогрев жидкости осуществляется с помощью электрической плитки. Контроль разницы температуры в полости форбункера и температуры жидкости осуществляется медными термометрами сопротивления. Фиксацию температуры обоих термометров выполняет двухканальный измеритель температуры 2ТРМ0А.

Питание установки сжатым воздухом осуществляется от баллона емкостью 40 литров заполненного воздухом до 15 Мпа, либо с помощью компрессора. Понижение давления воздуха до необходимого значения осуществляется рамповым редуктором ДКР-250. Подвод пониженного давления воздуха к редуктору производится через гибкий шланг и вентиль [29].

3.2.2 Принцип действия

В приемную воронку помещается измельченный лед (который по своим свойствам наиболее близок к кристаллам гидратов) с дисперсностью частиц до 8 мм. Из баллона (компрессора) через регулятор давления подается воздух с необходимым для эксперимента давлением на эжектор. В результате эжекционного эффекта образуется движение газового потока с кристаллами льда по транспортной трубе диаметром сечения 20 мм, затем трехфазный поток поступает в циклон, который отделяет твердую примесь из потока, и отправляет его вниз в форбункер с подогревом, где лед (в реальной системе – гидрат) разрушается. Газ продолжает движение дальше, где выходит из системы [29].

Общий расход воздуха, используемый в проточной части установки, приближенно измеряется трубкой Пито-Прандтля в центре среза измерительной трубы. Принцип измерения заключается в измерении трубкой Пито максимальной скорости потока на срезе оси симметрии измерительной трубы. Далее находится средняя скорость по всему сечению трубы. По найденному значению средней скорости и площади сечения измерительной трубы вычисляется расход воздуха:

$$Q = v_{cp} S, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1)$$

где

Q - расход, $\text{м}^3/\text{с}$,

S - площадь сечения трубопровода, м^2 .

Максимальная скорость потока воздуха:

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2gP_d}{\rho_g}}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где

P_d - перепад давления измеренный трубкой Пито, $\text{кг}/\text{м}^2$,

ρ_g - плотность воздуха, $\text{м}/\text{с}$,

g - ускорение свободного падения, м/с².

При отделении из потока газа кристаллов льда, они поступают в форбункер, где разрушаются путем нагрева. Системный алгоритм привязан к мощности нагревательного элемента в зависимости от скорости восстановления заданной температуры теплоносителя «тепловой рубашки» форбункера. Условие алгоритма Δt времени восстановления уставной температуры $\rightarrow 0$. Теплоносителем могут являться различные негорючие жидкости, с температурой кипения не менее 100 °С. На экспериментальном стенде при проведении исследований использовалась вода.

Удаление жидкости из форбункера. В процессе эксплуатации установки, «врезанной» на участке трубопровода по типу модульной вставки, в промышленности образуется жидкость, вследствие «оттаивания» гидратов. Утилизация данной жидкости рассмотрена двумя способами.

Первый способ: форбункер оснащен плотномерной колонкой, которая будет давать информацию о соотношении уровня воды и конденсата в емкости. Выход из форбункера имеет обвязку из секущей арматуры и электроклапана, который имеет два алгоритма: рабочий и аварийный. Первый алгоритм, руководствуясь показаниями плотномерной колонки, открывает клапан и сливает жидкость до уровня отметки конденсата в форбункере (так как вода тяжелее конденсата и находится ниже его уровня). Вторым алгоритмом аварийный, клапан открывается и сливает весь объем жидкости при достижении показания колонки 90%. Слив жидкости происходит в аварийно-дренажную емкость объемом 64 м³. Раскачка дренажной емкости происходит погружным насосом или вакуумной автоцистерной.

Второй способ: если модульная вставка находится далеко от установки подготовки газа или дожимной компрессорной станции, то основной ее задачей будет являться разрушение гидратов на пути транспортировки смеси, чтобы избежать их накопления в большом количестве на участке. В этом случае, слив

жидкости из форбункера будет происходить обратно в систему, посредством эжекции. В этом случае активный поток - газоконденсатная смесь, пассивный поток жидкость и форбункера. Таким образом, далее по следованию потока флюида, трехфазная система превратится в двухфазную, что предотвратит «залипание» участка трубопровода [30].

3.2.3 Экспериментальные данные эффективности метода

В ходе работы было проведено два эксперимента. Первый эксперимент проводился при следующих условиях:

- постоянное давление подачи $P = 3 \text{ атм.}$;
- масса льда 150 г;
- дисперсность льда 2-4 мм;
- диаметр сопла $d=4 \text{ мм.}$

Температура воздуха в форбункере и температура теплоносителя изменяются при помощи регулирования мощности нагревателя в пределах от $50 \text{ }^\circ\text{C}$ до $80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача первого эксперимента состояла в том, чтобы определить скорость восстановления температуры при изменении начальной температуры (рисунок 3.4).

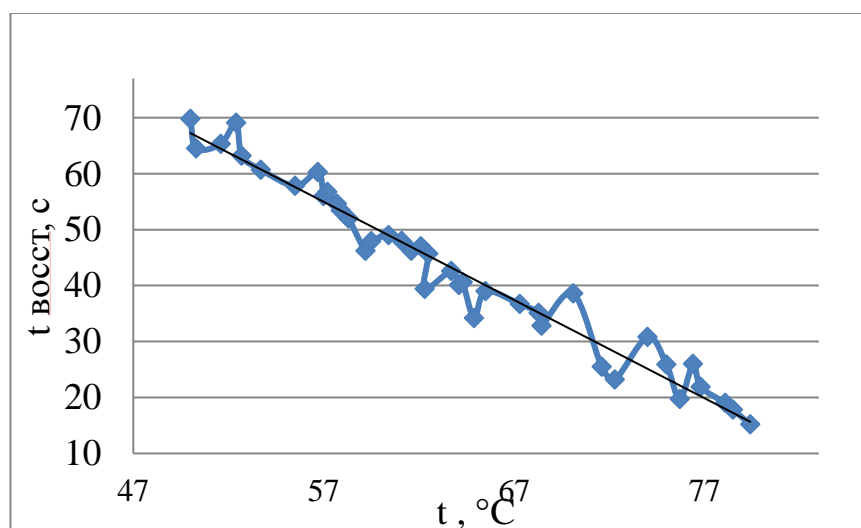


Рисунок 3.4 – Зависимость времени восстановления температуры от величина начальной температуры

Условия для второго эксперимента соответствовали условиям первого, только температура теплоносителя оставалась постоянной и равной 60 °С, при этом изменялась концентрация льда.

Задача второго эксперимента состояла в том, чтобы определить скорость восстановления температуры при увеличении концентрации льда (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Зависимость времени восстановления температуры от величина начальной концентрации льда в системе

Существуют данные эксперимента по определению степени отделения льда. Исходные данные соответствуют данным второго эксперимента.

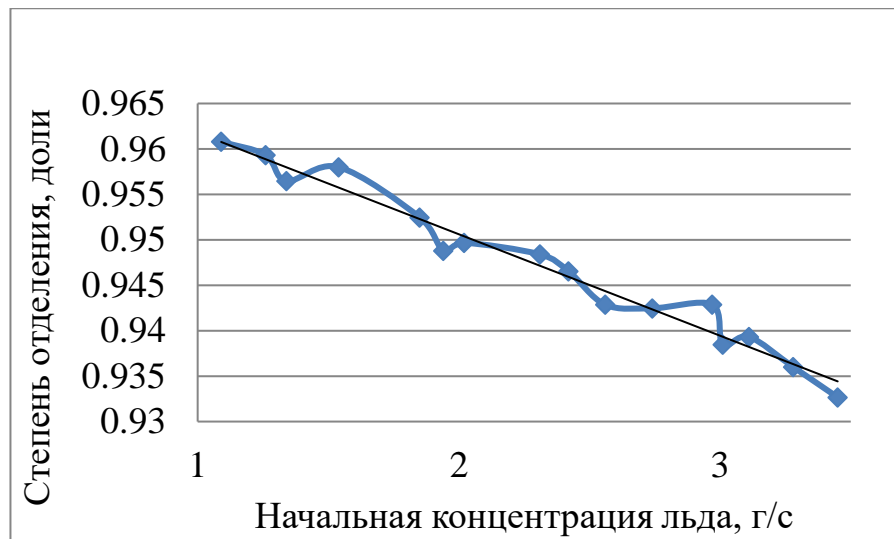


Рисунок 3.6 – Зависимость степени отделения льда от его начальной концентрации

При увеличении начальной температуры теплоносителя в диапазоне 50 - 80 °С, время восстановления общей температуры системы сокращается. При увеличении начальной концентрации льда, время восстановления температуры увеличивается.

На основе данных экспериментов, можно вывести математическую модель для того, чтобы описать процесс теплопередачи в флорбункере, зависящих от исходных условий системы (площади сечения, толщины стенки, состава смеси и ее расхода, температуры и давления).

Степень отделения гидратов из потока газа при использовании такой системы составляет 93-96 %. В настоящее время разрабатывается компьютерная модель процесса для расчета любых особенностей производства, и выдаются рекомендации для создания промышленного образца физико-математической модели [30]. Данная система может устанавливаться в технологических, транспортных и промысловых трубопроводах на месторождениях.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б5Г	Афанасьеву Дмитрию Сергеевичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль: «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и человеческих	Стоимость материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов по моделированию технологии метода борьбы с гидратообразованиями соответствует данным с Мьльджинского НГКМ
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30% согласно ст. 425 НК РФ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Сравнительный анализ с зарубежными аналогами. Выполнение SWOT-анализа научного исследования
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Описание структуры работ по моделированию процесса в лабораторных условиях, составления итогового графика длительности работ
3. Составление бюджета инженерного решения (ИР)	Формирование бюджета на научное исследование производится из расчетов затрат на оборудование, материалы, амортизационные отчисления, заработную плату, накладные расходы на проведение исследования
4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования	Расчёт интегральных финансовых показателей разработки, показателей ресурсоэффективности и эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Матрица SWOT
2. График проведения НИ (Диаграмма Ганта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5Г	Афанасьев Дмитрий Сергеевич		

4. Финансовый менеджмент

Данная выпускная квалификационная работа представлена изучением аэромеханического метода борьбы с гидратообразованиями на Мыльджинском НГКМ. Однако применение любой технологии в промышленных работах не обходится без лабораторных исследований.

Раздел содержит информацию, касающуюся технологии удаления гидратов в технологическом процессе подготовки и транспортировки природного газа. Для этого выполняется полное исследование, включающее определение оптимальных рабочих параметров работы - температуры, давления, расхода исходного количества гидратов.

Данная глава отражает обоснование конкурентоспособности и финансовой эффективности проведения эксперимента моделирования борьбы с гидратами в реальных условиях.

4.1 SWOT-анализ

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

Сильные и слабые стороны – это внутренняя среда, то что имеется уже на текущий момент времени. Возможности и угрозы – факторы внешней среды, они могут произойти, а могут и нет, это зависит в том числе и от принятых действий и решений. Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны научно исследовательского проекта (С)	Слабые стороны научно исследовательского проекта (Сл)
1. Высокая рентабельность. 2. Полнота исследования. 3. Актуальность научного исследования.	1. Длительное проведение эксперимента. 2. Низкий спрос. 3. Учет особенностей конкретного объекта разработки.
Возможности (В)	Угрозы (У)

1. Совершенствование технологической составляющей.	1. Появление новых конкурентов, использующих более совершенные технологии.
2. Создание конкуренции зарубежным предприятиям.	2. Длительная и дорогостоящая реализация.
3. Актуальность исследования приведет к появлению заинтересованных сторон.	3. Задержка финансирования разработки.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица проекта (1)

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	0	+	+
	В2	+	0	+
	В3	+	-	+

При анализе интерактивной таблицы 4.2 выявлены корреляции сильных сторон и возможностей проекта: В1С2С3, В2С1С3, В3С1С3.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта (2)

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	-	+
	В2	0	-	0
	В3	-	0	+

При анализе интерактивной таблицы 4.3 выявлены корреляции слабых сторон и возможностей проекта: В1Сл1Сл3, В3Сл3.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта (3)

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	-	-	-
	У2	-	+	-
	У3	-	+	+

При анализе интерактивной таблицы 4.4 выявлены корреляции сильных сторон и угроз проекта: У2С2, У3С2С3.

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта (4)

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	+	-
	У2	-	+	+
	У3	+	+	-

При анализе интерактивной таблицы 4.5 выявлены корреляции слабых сторон и угроз проекта: У1Сл2, У2Сл2Сл3, У3Сл1Сл2.

Вывод: данный проект имеет высокую актуальность научного исследования, что приведет к совершенствованию технологической составляющей, созданию конкуренции зарубежным предприятиям и появлению заинтересованных заказчиков. Существенной угрозой может служить задержка финансирования разработки проекта.

4.2 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.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель и инженер. Руководитель формулирует цель проекта, предъявляемые к нему требования, осуществляет контроль над его практической реализацией для соответствия требованиям и участвует в стадии разработки документации. Инженер непосредственно осуществляет разработку проекта. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Планирование методики проведения исследования	Руководитель
	3	Календарное планирование работ	Руководитель
	4	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Тесты на фазовое поведение, изучение характеристик трубопроводных систем, эксперименты с подбором температуры, скорости подачи газоконденсатной смеси.	Инженер
	6	Проведение практического расчета	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Оформление отчета	8	Оформление расчетов	Инженер
	9	Составление пояснительной записки	Инженер
	10	Публикация результатов исследования	Руководитель

4.3 Разработка графика проведения исследовательской работы

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

1. Организационный период. Во время организационной подготовки ставится задача на проведение лабораторных исследований, производится комплектование подразделения инженерно-техническим персоналом, подбираются приборы и оборудование, снаряжение и материалы, распределяются обязанности между сотрудниками, осуществляются мероприятия по безопасному ведению работ.

2. Лабораторные работы. Этот этап работ включает изучение характеристик трубопроводных систем, затем расчет технологической схемы с оптимальными параметрами температуры, скорости подачи газоконденсатной смеси. Последним этапом является проведение экспериментального моделирования процесса транспортировки газа.

3. Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об изучаемых методах удаления гидратов; камеральную обработку материалов; составление графиков и построение технологических схем; оформительские работы.

Календарный план - это оперативный график выполнения работ. Для иллюстрации календарного плана работы приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Календарный план-график проведения исследовательской работы

- накладные расходы.

4.4.1 Расчет затрат на материалы для научно-исследовательской работы

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi} , \quad (3)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данного проекта, занесены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на комплект, (Z_m), руб.

Перчатки резиновые	Шт.	10	34,4	344
Очки	Шт.	2	1056	2112
Пробирка мерная	Шт.	20	21,7	434
Шкаф сушильный	Шт.	1	31,687	31687
Суммарная стоимость				34577
Итого, с транспортными расходами				39764

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для проведения экспериментального исследования

Данная статья включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, установок и др.), которое необходимо для проведения работ по данной тематике. Определение стоимости специального оборудования производится по действующим прейскурантам. Расчет стоимости затрат приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Стоимость оборудования для проведения эксперимента

Наименование	Кол-во	Цена за ед., тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Труба пластиковая	1	0,5	0,5
Весы лабораторные	1	1,5	1,5
Устройство измельчения	1	2	2
Устройство отделения	1	2,5	2,5
Измеритель температуры	1	5,3	5,3
Компрессор	1	6,5	6,5

Общие единовременные затраты на приобретение различного рода специального оборудования составили 18,3 тыс. руб.

4.4.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления

Затраты определяются исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию активной части. Нормы амортизации определяем в соответствии с постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. От 07.07.2016) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы". Расчет амортизационных отчислений при проведении лабораторного эксперимента приведен в таблице 4.10. Расчет амортизационных отчислений проводится по формуле линейной амортизации:

$$A_m = \text{Сперв.} / \text{СПИ},$$

где Сперв. – первоначальная стоимость оборудования, руб.;

СПИ – срок полезного использования, месяцев

Таблица 4.10 – Расчет амортизационных отчислений при проведении лабораторного эксперимента

Наименование	Стоимость, тыс. руб.	Амортизационная группа	Срок службы, месяцев	Срок использования, месяцев	Сумма отчислений, руб.
Труба пластиковая	0,5	4	84	5	100
Весы лабораторные	1,5	3	60	4	375
Устройство измельчения	2	5	86	4	500
Устройство отделения	2,5	3	60	5	500
Измеритель температуры	5,3	4	84	5	106
Компрессор	6,5	4	84	4	1625
Итоговая сумма амортизационных отчислений					3206

В соответствии со сроками проведения лабораторного исследования, а именно необходимо 5 месяца на проведение эксперимента, амортизационные отчисления будут составлять 3206 рублей.

4.4.4 Расчет затрат на оплату труда

Оплата труда зависит от оклада и количества отработанного времени, при расчете учитываются премиальные начисления и районный коэффициент. Так формируется фонд оплаты труда.

С учетом дополнительной заработной платы формируется фонд заработной платы. Итоговая сумма, необходимая для оплаты труда всех работников, составляется при учете страховых взносов, затрат на материалы, командировок и резерва. Дневная ставка инженера (ассистент), и руководителя (Старший преподаватель, кандидат наук) взята в соответствии с приказом № 5994 по НИИ ТПУ и соответственно составляют 15000 и 23100 рублей.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Ззп = Зосн + Здоп; \quad (4)$$

где $Зосн$ – основная заработная плата;

$Здоп$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Зосн$).

Основная заработная плата ($Зосн$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (5)$$

где $Зосн$ – основная заработная плата одного работника;

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

$Здн$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (6)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 4.11).

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	70	140
Количество нерабочих дней - выходные и праздничные дни	7	14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	63	126

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (7)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{\text{тс}}$);
 $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	23100	0,3	0,2	1,3	45045	1502	63	94595
Инженер	15000	0,3	0,2	1,3	29250	1068	126	134550
Итого $Z_{\text{осн}}$								229145

Общие затраты на основную заработную плату научно-технического персонала, участвующего в проекте, составляют 229145 рублей.

4.4.5 Расчет дополнительной заработной платы

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

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (8)$$

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

Результаты занесены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэф. дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	94595	0,15	14189
Инженер	134550	0,15	20183
Итого Здоп			34372

4.4.6 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

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. Общая ставка взносов составляет в 2019 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ): 22 % – на пенсионное страхование; 5,1 % – на медицинское страхование; 2,9 % – на социальное страхование.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (9)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 4.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэф. отчислений	Сумма отчислений, руб.
Руководитель	94595	14189	0,3	32635
Инженер	134550	20183	0,3	46420
Итого $Z_{\text{внеб}}$				79055

4.4.7 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие 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. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} * \sum_1^5 Z_i, \quad (10)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный 0,16.

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 * (39,764 + 3,206 + 229,145 + 34,372 + 79,055) = 61,69 \text{ тыс. руб.}$$

4.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Рассчитанная величина затрат на проведение научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета. Определение бюджета

затрат на проведение научно-исследовательской работы приведено в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.
Материальные затраты НИИ	39,764
Амортизационные отчисления	3,206
Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	229,145
Затраты по доп. заработной плате исполнителей проекта	34,372
Отчисления во внебюджетные фонды	79,055
Накладные расходы	61,69
Бюджет затрат НИИ	447,232

4.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования

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 двух вариантов исполнения научного исследования. В качестве аналога использовались данные по аналогичному эксперименту, с использованием программных комплексов. Основные отличия аналога заключается в количестве привлеченных работников, сроках выполнения, использование более дорогостоящего оборудования. Для получения интегрального показателя финансовой эффективности наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносится финансовое значение по варианту исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (11)$$

где – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

$$I_{\text{финр}} 1 = 1.$$

$$I_{\text{финр}} 2 = 550,100/447,232=1,23;$$

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 для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности в форме таблицы, приведен ниже (табл. 4.16).

Таблица 4.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Проект	Аналог
Критерии			

1. Достоверность результатов	0,35	5	4
2. Комплексность исследования	0,15	5	3
3. Актуальность исследования	0,30	5	5
4. Широкий спектр решаемых задач	0,20	5	4
ИТОГО	1	20	16

Основываясь на данных таблицы показатели ресурсоэффективности текущей работы и аналога принимают следующие значения:

$$l_m^p = 5 * (0,35 + 0,15 + 0,30 + 0,20) = 5$$

$$l_m^a = 4 * 0,35 + 3 * 0,15 + 5 * 0,30 + 4 * 0,20 = 4,15$$

Интегральный показатель эффективности разработки ($l_{финр}^p$) и аналога ($l_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$l_{финр}^p = l_m^p / l_{ф}^p = 5 / 1 = 5;$$

$$l_{финр}^a = l_m^a / l_{ф}^a = 4,15 / 1,23 = 3,37.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность исследования. Сравнительная эффективность исследования рассчитывается по формуле:

$$Эср = l_{финр}^p / l_{финр}^a = 5 / 3,37 = 1,48.$$

где Эср – сравнительная эффективность исследования.

Таблица 4.17 – Сравнительная эффективность исследования

№ п/п	Показатели	Проект	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1,23
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	5	3,37

4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,48
---	--------------------------------------------------	------

Сравнение на основании таблицы 4.16 позволяет сделать вывод, что рассматриваемое исследование по сравнению с аналогом имеет большую эффективность, как по интегральному финансовому показателю, так и по показателю ресурсоэффективности разработки.

Вывод

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были выделены слабые и сильные стороны исследования, построены интерактивные матрицы проекта. Отмечены высокие актуальность и качество результатов исследования. Обоснование конкурентоспособности зарубежным производителям является использование отечественных композиций. Определен полный перечень работ, проводимых при исследовании. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 140 календарных дней. Суммарный бюджет затрат на весь комплекс работ составил 447232 рублей, большую часть этой суммы составляют затраты на оборудование. Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить, как денежные, так и временные затраты. При подсчёте интегрального финансового показателя наблюдается уменьшение бюджета разработки по сравнению с аналогом, а при подсчёте интегрального показателя ресурсоэффективности наблюдается увеличение эффективности в сравнении с тем же аналогом.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б5Г	Афанасьеву Дмитрию Сергеевичу

Школа	ИШПР	Отделение школы	ОНД
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль: «Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Анализ методов борьбы с гидратообразованиями. Комплексная оценка и технологическое обоснование применения аэромеханического метода.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</p> <p>1.2 Анализ выявленных опасных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</p>	<p>Анализ вредных факторов рабочей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - отклонение показателей микроклимата; - превышение уровня шума и вибрации; - недостаточная освещённость рабочей зоны; - повышенная загазованность воздуха рабочей зоны; - воздействие токсичных и раздражающих веществ на организм человека; - повреждения в результате контакта с насекомыми, растениями и животными. <p>Анализ опасных факторов рабочей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; - оборудование, работающее под давлением; - взрывоопасность и пожароопасность; - электрический ток.
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы, выхлопные газы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы, утечка горючесмазочных материалов); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, нарушение естественного залегания пород); - обоснование мероприятий по защите окружающей среды.
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС: пожары и взрывы; - разработка превентивных мер по ликвидации её последствий предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы - правовые нормы трудового законодательства - организация рабочей зоны
------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М. С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5Г	Афанасьев Дмитрий Сергеевич		

5. Социальная ответственность

Рассматриваемые в соответствии с темой выпускной квалификационной работы «Анализ методов борьбы с гидратообразованием» технологические операции включают в себя: контроль за системами подачи реагента в систему сбора и подготовки продукции, обслуживание, монтаж и демонтаж используемого оборудования, контроль режима работы скважины.

5.1 Производственная безопасность

Основные опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при выполнении данных видов работ, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные производственные факторы

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	Физические		
Эксплуатация и обслуживание скважин Закачка химических реагентов	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны	Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.2.003-91 [8] СанПиН 2.2.4.548-96 [1] ГОСТ 12.01.003-83 [2] ГОСТ 24346-80 [3] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03[4] ГН 2.2.5.686-98[5] ГОСТ 12.1.008-76 [6] ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ[8] ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ[7] ГОСТ 12.1.038-82 [11] ГОСТ 12.1.004-91 [10]
	Превышение уровня шума и вибрации	Работы с оборудованием под высоким давлением	
	Недостаточная освещенность рабочей зоны	Пожаровзрывоопасность	
		Электрический ток	
	Химические		
	Повышенная загазованность рабочей зоны		
	Воздействие токсичных и раздражающих веществ на организм		
	Биологические		
	Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися		

5.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Рассмотрим вредные производственные факторы, которые могут воздействовать на организм человека при проведении работ по борьбе с

гидратообразованием, а также нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов.

5.2.1 Отклонение показателей микроклимата рабочей зоны и на открытом воздухе

Микроклимат окружающей производственной среды оказывает значительно влияние на организм человека. Существуют специальные нормы, в которых установлены значения каждого компонента микроклимата рабочей зоны: температура, скорость движения воздуха, относительная влажность в зависимости от категории работ по уровню энергозатрат и времени года. Данные значения параметров микроклимата рабочей зоны установлены в СанПиН 2.2.4.548-96 [1].

Выполняемые работы можно отнести к категории Пб. Микроклиматические условия для данной категории работ приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (233÷290)	17÷19	16÷20	60÷40	0,2
Теплый	Пб (233÷290)	19÷21	18÷22	60÷40	0,2

К средствам индивидуальной защиты персонала относится спецодежда, головной убор, рукавицы, обувь. Весь комплект средств индивидуальной защиты должен быть изготовлен из материалов, обладающими высокими теплозащитными свойствами, устойчивостью к загрязнителям, механическим повреждениям, а также воздухопроницаемостью, адекватной скорости ветра.

5.2.3 Превышение уровня шума и вибрации

В процессе добычи газа значительное влияние на рабочий персонал оказывает вибрация и шум. Источниками являются электродвигатели, насосы и

разнообразные машины и механизмы. Допустимые значения уровня шума и вибраций нормируются. Предельное значение уровня шума на рабочих местах, установленное ГОСТ 12.01.003-83 [2], составляет 80 дБ. Согласно ГОСТ 24346-80 [3], допустимый уровень вибрации на рабочих местах не должен превышать 92 дБ.

В целях борьбы с вредным влиянием данных факторов, работников обеспечивают средствами индивидуальной защиты, которые включают в себя перчатки, обувь, стельки, изготовленные из виброизолирующего материала, а также наушники, подавляющие воздействие шума.

К коллективным средствам защиты можно отнести применение специальных виброизолирующих покрытий, установку вибрирующего оборудования на фундамент, препятствующий распространению вибраций.

5.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Недостаточная освещенность оказывает влияние на работу зрительного аппарата, на психику человека. Также слабое освещение может вызывать усталость центральной нервной системы. Для того, чтобы избежать вредного влияния данного фактора существуют определенные требования к организации освещения рабочих зон. Рабочие места, объекты, подходы к ним, проходы в темное время суток должны быть освещены. В производственных помещениях должно быть предусмотрено аварийное и эвакуационное освещение. Распределение яркости на рабочей поверхности должно быть равномерным, без пульсаций. Установки освещения должны быть достаточно долговечными и безопасными [4].

5.2.4 Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

При подготовке природного газа к транспортировке должны быть приняты меры по предупреждению загрязнения рабочих мест и загазованности воздушной среды. Существуют предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ПДК паров углеводородов составляет 300 мг/м³ [5]. Для того, чтобы контролировать уровень загазованности,

проводят замеры воздушной среды в рабочих помещениях. В производственных помещениях устанавливаются системы вентиляции. Для защиты от воздействия природного газа при превышении ПДК используют индивидуальные средства защиты: защитные очки, маски, противогазы.

5.2.5 Воздействие токсичных и раздражающих веществ на организм человека

Для борьбы с гидратообразованиями может применяться метанол, который является опасным веществом для человеческого организма. Метанол - сильнодействующий яд, который оказывает влияние на нервную и сосудистую системы, слизистую оболочку дыхательных путей. При приеме внутрь и при вдыхании паров метанола происходит отравление. При работе с метанолом необходимо соблюдать требования техники безопасности согласно ГОСТ 12.1.007-76 [6]. Для предотвращения контакта с отравляющим веществом применяют средства индивидуальной защиты: противогаз, резиновые сапоги и перчатки.

5.2.6 Повреждения в результате контакта с насекомыми

Из-за работ, проводимых в полевых условиях, рабочие могут получать повреждения насекомыми такими как комары, мошки, клещи. Поэтому работников обеспечивают средствами индивидуальной защиты: защитный энцефалитный костюм, спреи и репеллентные средства. Наибольшую опасность из насекомых представляет клещ, поэтому необходимо уделить особое внимание противэнцефалитным прививкам, которые помогают создать у человека устойчивый иммунитет к вирусу [7].

5.3 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

При проведении работ по борьбе с гидратообразованиями могут возникать опасные производственные факторы.

5.3.1 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Для того, чтобы снизить опасность возникновения травм, открытые движущиеся и вращающиеся части оборудования, механизмов заключаются в защитные кожухи. Проводится плановая проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов при их обнаружении, согласно ГОСТ 12.2.003-91 [8].

Также, для защиты рабочих от данных опасных факторов существуют коллективные средства защиты, которые создают препятствие появлению человека в зоне опасности. Оградительные средства выполняются в виде сеток, экранов, решеток, кожухов по ГОСТ 12.2.062-81 [9]. Ограждения устанавливаются таким образом, чтобы исключить доступ человека в зону опасности.

5.3.2 Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

Оборудование, работающее под давлением 0,07 МПа и выше, представляет собой опасность. Неправильная эксплуатация данного оборудования может привести к взрыву. Все требования использования оборудования содержатся в “Правилах устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением”.

Конструкция оборудования высокого давления должна иметь возможность обеспечения безопасности во время использования и возможность осмотра и устранения дефектов.

5.3.4 Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте

На газовом промысле одной из причин возникновения пожара является горение паровоздушных смесей углеводородов.

Опасными факторами пожара являются открытое пламя и высокая температура. Также к опасным факторам можно отнести токсические продукты горения и разложения и их вторичные проявления:

– осколки;

- движущиеся части разрушившихся аппаратов;
- электрический ток;
- взрыв.

Для обеспечения пожарной безопасности на промысле уделяют внимание автоматизации технологических процессов, представляющих опасность возникновения пожаров и взрывов. Также существуют мероприятия по противопожарной и противовзрывной защите [10].

Типичными причинами возникновения пожаров и взрывов являются нарушения требований пожаробезопасности при эксплуатации технологического оборудования; нарушение требований к эксплуатации электрического оборудования и электросетей; разряды статического электричества и грозовые разряды; нарушение правил пожарной безопасности рабочим персоналом; самовозгорание горючих веществ.

В процессе пожаротушения, согласно технологическим требованиям, применяют пар, воду, углекислый газ, песок, химические порошки. Использование противопожарного оборудования в иных целях запрещается.

5.3.5 Электробезопасность

На промыслах возникает опасность поражения электрическим током. Согласно ГОСТ 12.1.038–82 [11], существуют нормированные значения напряжений прикосновения и токов, которые являются допустимыми для человеческого организма.

Поражение электрическим током можно получить при монтаже и ремонте электроустановок, находящихся под напряжением, поврежденность изоляции, прикосновения к оголенным проводам, неисправность средств индивидуальной защиты.

На месторождении существуют следующие средства защиты рабочего персонала:

- обеспечение недоступности токоведущих частей (применение кожухов, камер);

-средства индивидуальной защиты (резиновые перчатки, диэлектрические коврики, диэлектрическая обувь);

- заземление;

- зануление.

Для предотвращения воздействия статического электричества существуют следующие методы:

- замена горючих средств на менее горючие;

- антистатические присадки;

- вынос объектов, опасных по генерированию статического электричества, за пределы производственных помещений, в которых могут образоваться пожаро- и взрывоопасные смеси паров и газов.

5.4 Экологическая безопасность

При работах по борьбе с гидратообразованием, с использованием метанольных установок, может наблюдаться вредное воздействие на литосферу, гидросферу и атмосферу. Необходимо соблюдать определенные требования для уменьшения вреда, причиняемого окружающей среде.

5.4.1 Мероприятия по охране атмосферного воздуха

Основными источниками загрязнения воздуха на месторождениях являются оборудование технологического процесса, котельные, нефтегазосборные сети, факелы, автомобильная техника.

Для того, чтобы минимизировать отрицательное воздействие на атмосферу, существуют следующие меры:

- полная герметизация всего технологического оборудования;

- контроль швов сварных соединений трубопроводов;

- оснащение предохранительными клапанами всей аппаратуры, в которой может возникнуть давление, превышающее расчетное;

- сброс газа с предохранительных и дыхательных клапанов на факел или на свечу рассеивания;

- испытание оборудования и трубопроводов на прочность и герметичность после монтажа;

- использование попутного нефтяного газа на нужды промысла.

Технологическое оборудование обеспечивается автоматическими системами управления, клапанами и задвижками, которые приводятся в действие в случае опасного превышения давления.

5.4.2 Мероприятия по охране водных объектов

Наиболее вероятными загрязнителями при освоении месторождения являются неочищенные хозяйственно-бытовые стоки, взвешенные вещества, компоненты буровых растворов, хлорид-ион, нефтепродукты, метанол.

Для того, чтобы локализовать загрязнение в случае аварийных разливов пластовой жидкости, ингибиторов гидратообразования, расположение кустовых площадок скважин нормируется на специальном расстоянии от водоемов и водотоков. Также необходимо соблюдать правила хранения загрязняющих веществ. В случае пролива углеводородного сырья, загрязняющих веществ в водоемы принимаются меры по ликвидации пролива с использованием физико-химических, механических, биологических и термических методов.

5.4.3 Мероприятия по охране земельных ресурсов

Отрицательное воздействие на земельные ресурсы при разработке месторождения оказывается при изъятии земель под производственные объекты промысла. Механическое нарушение почв (нарушение почвенного покрова) происходит при строительстве объектов, химическое загрязнение почв происходит при авариях. нарушением почв, при строительстве объектов и химическим загрязнением земель при авариях. Также при строительстве происходит сведение древесных насаждений, восстановление которых возможно только после ликвидации объектов месторождения.

К мероприятиям по охране земель и почвенно-растительного покрова можно отнести следующее:

- соблюдение границ постоянного и временного отвода земель при техническом перевооружении и эксплуатации скважин;
- оснащение рабочих мест и строительных площадок инвентарными контейнерами для бытовых и строительных отходов;
- исключение сброса любых сточных вод и отходов при проведении работ на рельеф и в водные объекты;
- слив отходов горюче-смазочных материалов (ГСМ) в специально оборудованные ёмкости.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На газовых промыслах существует вероятность возникновения чрезвычайной ситуации в результате аварии, природной катастрофы, которая может повлечь за собой человеческие жертвы, значительный материальный ущерб, ущерб окружающей среде, здоровью людей.

Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций необходимо:

- соблюдать технологический процесс;
- соблюдать правила техники безопасности, всех действующих инструкций, нормативов по пожарной охране и промышленной санитарии;
- предотвращать образование концентраций веществ, которые могут привести к взрыву;
- своевременно проводить профилактические мероприятия и поддерживать надёжную работу оборудования;
- контролировать правильность действий персонала, проверять уровень знаний и повышать квалификацию персонала;

При возникновении чрезвычайной ситуации, рабочий персонал, который не принимает участие в ликвидации последствий аварии, эвакуируется согласно утвержденному плану. При всех возникших ЧС персонал, не участвующий в ликвидации последствий должен эвакуироваться согласно утвержденному плану.

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией является пропуск газа по обвязке фонтанной арматуры на устье скважины, из-за нарушения герметичности.

Причинами аварии могут быть:

- нарушение герметичности и износ уплотнительных соединений технологического оборудования;
- возникновение в технологическом оборудовании напряжений, превышающие расчетные значения;
- заводские дефекты технологического оборудования;
- механические повреждения технологического оборудования, возникающие в ходе проведения работ;
- некачественные сварные соединения.

Действия рабочего персонала при ликвидации аварийных ситуаций:

- при проявлении газа или газового конденсата в процессе проведения работ, необходимо предупредить всех членов бригады;
- незамедлительно сообщить об аварии руководству согласно установленной очередности по списку оповещению;
- вызвать специалистов для ликвидации аварии;
- оценить обстановку, в зависимости от степени опасности ситуации принять неотложные меры по герметизации устья скважины;
- устранить источники искрообразования;
- определить опасную зону и остановить все работы в ней. Вывести людей, не занятых ведением технологического процесса и не участвующих в ликвидации аварии из опасной зоны. Выставить посты, предупредительные знаки на путях возможного появления людей и техники. Оказать первую помощь пострадавшим;
- при возможном перемещении загазованности на другие объекты или населенные пункты принять меры по своевременному оповещению работников и населения.

5.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.6.1 Правовые нормы трудового законодательства

Режим работы рабочих устанавливается в графиках сменности и в Правилах внутреннего трудового распорядка на предприятии.

Продолжительность рабочего времени для мужчин не может превышать 40 часов в неделю. Для женщин длительность рабочей недели не превышает 36 часов [12].

При работе вахтовым методом существуют разные сменные режимы. В течение 12÷30 и более дней 8 часов работы могут чередоваться через 8 часов отдыха или 12 часов работы чередуются через 12 часов отдыха.

На основании статьи 302 Трудового кодекса РФ работникам, выполняющим работы вахтовым методом, за каждый календарный день пребывания в местах производства работ во время работы, существует надбавка взамен суточных. Размер поощрений и прибавки к выплатам прописаны в условиях коллективного договора эксплуатирующей организации.

5.6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При организации рабочих мест объекты должны соответствовать определенным требованиям, которые позволяют создать безопасные условия для работы. Размер рабочей площади технологических установок должна быть оптимальной. Арматура, приборы контроля, автоматизации, технологическое оборудование устанавливается таким образом, чтобы обеспечить к ним свободный доступ. Также должна существовать возможность проведения ремонтных работ с помощью средств механизации. Расстояния между аппаратами, колоннами, теплообменниками и другим оборудованием, расположенными внутри одной технологической установки, следует принимать, исходя из условий максимального удобства обслуживания, ремонта и выполнения требований по охране труда и пожарной безопасности.

Вывод

В ходе работы был проведен анализ возможных вредных и опасных производственных факторов, которые могут оказывать отрицательное влияние на физическое состояние рабочего персонала. Выполнение всех требований техники безопасности позволяет избежать вредного воздействия этих факторов, сохранить жизнь. Соблюдая правила по защите окружающей среды, возможно снизить вред, причиняемый природе.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены гидраты природного газа, их условия образования, а также проведен обзор современных методов борьбы с ними.

Для эффективной борьбы необходимо знать количество влаги, фактическое давление и температуру в трубопроводе. Наиболее используемым методом борьбы с гидратами является метод с применением метанола в качестве ингибитора гидратообразования. Данный метод, несмотря на широкое использование, имеет свои недостатки, такие как токсичность и пожароопасность реагента, высокие эксплуатационные затраты по его утилизации и закачке.

Также в работе был описан экспериментальный метод предупреждения образования гидратов, который предлагается использовать как на Мыльджинском месторождении, так и на некоторых других газовых промыслах.

Была рассчитана финансовая эффективность моделирования аэромеханического метода в лабораторных условиях. Рассмотрены вопросы, касающиеся производственной безопасности при выполнении работ на промысле. Проведен анализ вредных и производственных факторов, оказывающих влияние на физическое и психическое состояние человека. Рассмотрены вопросы о экологической безопасности, мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также правовые нормы трудового законодательства.

Список использованных источников

1. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
2. ГОСТ 12.01.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
4. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).
5. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ.
6. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Ограждения защитные (с Изменением N 1).
8. ГОСТ 12.4.111-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Костюмы мужские для защиты от нефти и нефтепродуктов. Технические условия.
9. ГОСТ 24346-80 Вибрация. Термины и определения.
10. РД 08-200-98 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».
11. РД 09-364-00 «Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах».
12. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
13. Бешенцева С.А. Анализ методов предупреждения гидратообразования в трубопроводах // Вестник кибернетики. – 2012. – № 11. – с. 40–44.

14. Н. Х. Абдрахманов, В. М. Давлетов, К. Н. Абдрахманова, В. В. Ворохобко, Р. Н. Абдрахманов/ Повышение безопасности эксплуатации газопроводов // Нефтегазовое дело: науч. техн. журн./УГНТУ. 2016. Т.14, №3. с 183-187.
15. Кэрролл Дж. Гидраты природного газа: справ. пособие / Пер. с англ. - М.: Премиум Инжиниринг, 2007. – 316 с.
16. А.И. Булатов, Г.В. Кусов, О.В. Савенок Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление / - Краснодар: Издательский дом - Юг, 2011 - 348 с.
17. Л.М. Гухман Подготовка газа северных месторождений к дальнему транспорту - Л.: Недра, 1990. – 161 с.
18. Березовский Д.А., Савенок О.В. Особенности борьбы с гидратами природных газов при разработке месторождений (на примере Северо-Ставропольского месторождения) // Сборник статей научно-информационного центра "Знание" по материалам XX Международной заочной научно-практической конференции "Развитие науки в XXI веке", - Харьков: научно-информационный центр "Знание", 2016. - Часть 2. - с. 29-44.
19. Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. - М.:Недра, 1985 – с. 232.
20. Кусов Г.В., Савенок О.В. Методы предупреждения и ликвидации гидратообразования при эксплуатации газовых скважин на примере месторождения Узловое // Научный журнал НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ (политехнический вестник). - Краснодар: ООО "Издательский Дом - Юг", 2017. - № 2. - с. 82-108.
21. Квеско Н.Г., Квеско Б.Б. Инигибиторная защита оборудования от гидратообразования на газовых месторождениях Восточной Сибири // Евразийский союз ученых (ЕСУ). – 2015. – № 8(17). – с. 94-97.
22. Малышева Е.О. Предупреждение образования гидратов природных газов и борьба с ними // Аллея науки. – 2017. - № 2 (14). – с. 117-122.

23. Шиповалов А.Н., Земенков Ю.Д., Тырылыгин И.В. Проблемы применения технологий предупреждения гидратов в промысловых системах // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии - нефтегазовому региону», Тюмень, 2010 г. - №1. – с. 150 – 154.

24. Истомина В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах сбора и промысловой обработки газа и нефти. М.: ВНИИЭГазпром, 1990. - 214 с.

25. Чухарева Н.В. Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Томск: Том. политехн. ун-т, 2010.- 30 с.

26. Технологический регламент. Участок комплексной подготовки газа Мыльджинского нефтегазоконденсатного месторождения, 525 с.

27. СТО Газпром 089-2010 Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам.

28. Проект опытно-промышленной эксплуатации Мыльджинского газоконденсатнефтяного месторождения. - ТомскНИИПИнефть, 1996 г.

29. Волков П.В. Исследование тепловых аэромеханических методов для предотвращения гидратообразования и удаления мехпримесей при подготовке газа// Труды XXII Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2018г. – Т.2 С. 100-102. Изд-во ТПУ. – 923 с.

30. Волков П.В., Большунов А.В. Экспериментальное исследование аэромеханического метода для предотвращения гидратообразования при подготовке и транспортировке природного газа и конденсата // Научный журнал «Успехи современного естествознания», Москва, 2018г. – №9 - с. 52-56.