

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 ООП Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений  
 Отделение школы Отделение нефтегазового дела

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
<b>АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА И ГАЗОКОНДЕНСАТА В ОСЛОЖНЕННЫХ ГАЗОГИДРАТАМИ УСЛОВИЯХ</b>

УДК 622.279.8

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б95	Дубов Алексей Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Чеканцева Лилия Васильевна			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лукин Алексей Анатольевич	К.Г.-М.Н		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
<b>УК(У)-9</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
<b>УК(У)-10</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами

<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-2</b>	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-3</b>	Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-5</b>	Способен обеспечивать и контролировать выполнение показателей разработки месторождений и производственных процессов при эксплуатации скважин
<b>ПК(У)-6</b>	Способен обеспечивать выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту, диагностическому обследованию оборудования, проводить организационно-техническое обеспечение процесса добычи углеводородного сырья
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-8</b>	Способен использовать нормативно-технические требования и принципы производственного проектирования для подготовки предложений по повышению эффективности разработки месторождений и перспективному развитию процессов по добыче углеводородного сырья

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 ООП Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений  
 Отделение школы Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ А.А. Лукин  
 (Подпись) (Дата) (ФИО)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2Б95	Дубов Алексей Андреевич

Тема работы:

<b>АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА И ГАЗОКОНДЕНСАТА В ОСЛОЖНЕННЫХ ГАЗОГИДРАТАМИ УСЛОВИЯХ</b>	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	125-45/с от 05.05.2023

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	17.06.2023
--	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	Тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	Структура, содержание, механизм образования газовых гидратов. Места формирования и скопления газогидратов. Общая информация о методах предупреждения и борьбы с гидратообразованием. Степень очистки газа от гидратов, с использованием циклонного аппарата. Коэффициент эжекции.

#### Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент,	Доцент, Криницына Зоя Васильевна

ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
Социальная ответственность	Старший преподаватель, Гуляев Милий Всеволодович

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Чеканцева Лилия Васильевна			

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б95	Дубов Алексей Андреевич		

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело  
 ООП Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений  
 Отделение школы Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ весенний семестр 2022/2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б95	Дубов Алексей Андреевич

Тема работы:

<b>АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ГАЗА И ГАЗОКОНДЕНСАТА В ОСЛОЖНЕННЫХ ГАЗОГИДРАТАМИ УСЛОВИЯХ</b>
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.05.2023	Теоретические основы процесса образования газовых гидратов	20
15.05.2023	Анализ методов предупреждения и борьбы с гидратообразованием в промышленных коммуникациях	20
22.05.2023	Расчет оптимальных параметров работы установки для борьбы с газогидратами	30
26.05.2023	Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
29.05.2023	Социальная ответственность	15

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Чеканцева Лилия Васильевна			

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лукин Алексей Анатольевич	К.Г.-М.Н		

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б95	Дубов Алексей Андреевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 77 страниц, в том числе 13 рисунков, 25 таблиц. Список литературы включает 26 источников.

Ключевые слова: образование гидратов, ввод ингибитора, метанол, коэффициент эжекции, степень очистки, циклонный аппарат.

Объектом исследования является установка подготовки газа, в которой перемещается газожидкостная смесь, осложненная образованием гидратов.

Цель работы – изучить причины и условия образования газогидратов и определить основные параметры работы установки для улавливания газогидратов.

В выпускной квалификационной работе проанализированы условия образования газовых гидратов в процессе разработки и добычи природного газа, рассчитаны степень очистки газа и коэффициент эжекции.

В результате расчетов получены зависимость степени очистки газа от общего массового расхода и коэффициента эжекции от подаваемого давления.

Степень внедрения: параметры данной установки можно рекомендовать для промышленных испытаний.

Область применения: установка подготовки газа.

Потенциальная экономическая эффективность связана с затратами ингибиторов для борьбы с гидратообразованием.

## Содержание

Введение.....	10
Определения, обозначения, сокращения .....	12
1 Теоретические основы процесса образования газовых гидратов .....	13
1.1 Общая характеристика гидратов природных газов .....	13
1.2 Типы гидратов и гидратообразующие вещества .....	13
1.3 Условия образования гидратов .....	16
1.4 Места формирования и скопления газогидратов.....	19
2 Анализ методов предупреждения и борьбы с гидратообразованием в промысловых коммуникациях .....	22
2.1 Способы предупреждения гидратообразования .....	22
2.2 Методы ликвидации отложений гидратов газа.....	24
3 Расчет оптимальных параметров работы установки для борьбы с газогидратами .....	28
3.1 Описание и принцип работы установки.....	28
3.2 Определение режима течения газа и расчет степени очистки газа .....	30
3.3 Расчет коэффициента эжекции .....	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности ресурсосбережение ....	39
4.1 Потенциальные потребители технологии .....	39
4.2 Технология QuaD .....	40
4.3 SWOT–анализ .....	41
4.4 Обоснованность применения метанола в качестве ингибитора гидратообразования .....	43
4.5 Анализ эксплуатационных затрат при применении метанола.....	46
4.6 Вывод по экономическому разделу.....	49
5 Социальная ответственность.....	53
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	53
5.2 Производственная безопасность.....	54
5.3 Анализ потенциальных вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария) .....	55
5.3.1 Производственные факторы, обладающие свойствами химического	

воздействия на организм работающего человека .....	55
5.3.2 Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего .....	55
5.3.3 Повышенная загазованность рабочей зоны в помещении .....	59
5.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	60
5.3.5 Производственные факторы, связанные с электрическим током ...	61
5.3.6 Эксплуатация оборудования, работающих под давлением .....	62
5.3.7 Пожаробезопасность и взрывобезопасность .....	64
5.4 Экологическая безопасность .....	66
5.4.1 Мероприятия по охране атмосферного воздуха .....	67
5.4.2 Мероприятия по охране водных объектов .....	68
5.4.3 Мероприятия по охране литосферы .....	69
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	70
5.6 Заключение по главе .....	71
Заключение .....	73
Список литературы .....	75

## **Введение**

В настоящее время нефтегазовая промышленность занимает важное место в экономике и является одной из ключевых отраслей России. В I квартале 2022 г. доля нефтегазового сектора в ВВП РФ составила 21,7 % [1]. Экономическое положение государства отчасти зависит от состояния нефтегазовой отрасли, соответственно, необходимо обеспечивать бесперебойную добычу, подготовку и транспорт добываемых углеводородов.

Важной системной задачей с точки зрения эксплуатации углеводородных месторождений, включающих в себе предупреждение и борьбу с возможными осложнениями, является обеспечение безопасного функционирования объектов промысловой инфраструктуры.

При разработке большинства газовых и газоконденсатных месторождений возникает проблема борьбы с образованием гидратов. Особое значение этот вопрос приобретает при разработке месторождений Западной Сибири и Крайнего Севера.

В настоящее время процессы добычи, транспорта и переработки газа осложнены проблемой образования гидратов. Возникновение гидратных отложений приводит к увеличению гидравлического сопротивления. Гидраты закупоривают проходное сечение трубы, в результате в трубопроводе появляются зоны с повышенным давлением. Тем самым снижается показатель пропускной способности потока добываемого газа до полного перекрытия. При экстремальных температурных условиях может произойти деформация линейных сооружений, что может вызвать различные аварийные ситуации или к различным неисправностям оборудования [2].

При добычи природного газа при высоком давлении и относительно низкой температуре образуют твердые кристаллы, наподобие льда. Гидраты образуются при различных температурах, часто при температуре выше нуля, в зависимости от давления и количества воды в природном газе. Гидраты формируются за счет компонентов природного газа, метана, этана, пропана,

изобутана, обычного бутана, а также сероводорода и углекислого газа.

Цель выпускной квалификационной работы заключается в анализе существующих технологий подготовки газа и газоконденсата в осложненных газогидратами условиях и выявлении наиболее выгодного метода предупреждения и борьбы с газогидратами.

Для достижения цели, необходимо решить некоторые задачи:

- Проанализировать особенности гидратообразования в геолого-промысловых условиях разработки и эксплуатации газоконденсатных месторождений;
- Изучить методы предупреждения и борьбы с гидратообразованием в промысловых коммуникациях;
- Провести расчет и определить основные параметры модели с помощью экспериментальной установки для улавливания твердых гидратов в газовом потоке трубопровода с применением эжектора.

## **Определения, обозначения, сокращения**

**ГКМ** – газоконденсатное месторождение;

**ГГ** – газовый гидрат;

**ГП** – гидратная пробка;

**УВ** – углеводороды;

**ПЗП** – призабойная зона пласта;

**ЗПА** – запорно-переключающая арматура;

**СОГ** – степень очистки газа;

**УКПГ** – установка комплексной подготовки газа;

**ГФУ** – горизонтальная факельная установка;

**ПДВ** – предельно допустимые выбросы;

**ПДК** – предельно допустимая концентрация.

# **1 Теоретические основы процесса образования газовых гидратов**

## **1.1 Общая характеристика гидратов природных газов**

Газовые гидраты (ГГ) представляют из себя твердые соединения (клатраты), у которых молекулы газа при определенных термобарических условиях заполняют, в кристаллической решетки, структурные пустоты, образованные молекулами воды с помощью водородной связи. Данные образования относятся к химическим соединениям, так как имеют строго определенный состав [3].

В пластовых условиях, природные газы насыщены парами воды. Движение газа в пласте, скважине и газопроводе происходит с уменьшением его температуры и давления, в следствии чего пары воды начинают конденсироваться и скапливаться в скважине и на стенках газопровода. Компоненты природного газа: метан, этан, пропан, бутан, их молекулы, при определенных условиях способны связать от 6 до 17 молекул воды. К примеру, одна молекула метана связывает шесть молекул воды  $\text{CH}_4\text{-}6\text{H}_2\text{O}$ , этана  $\text{C}_2\text{H}_6\text{-}8\text{H}_2\text{O}$ , пропана  $\text{C}_3\text{H}_8\text{-}17\text{H}_2\text{O}$ .

Образовавшиеся гидраты могут закупорить ствол скважины, газопроводы, сепараторы, а также нарушить работу измерительных приборов и регулирующих средств, что грозит аварийной остановкой. Именно поэтому борьба с гидратообразованием составляет значительную часть стоимости эксплуатации месторождений и транспорта газа.

## **1.2 Типы гидратов и гидратообразующие вещества**

Газовые гидраты подразделяются на три типа: I, II и H, связано это со строением кристаллической решетки и положением молекул воды в ней. Последний тип встречается намного реже, чем первые два.

Рассмотрим каждый тип гидрата отдельно:

- **Гидраты I типа**

Гидраты первого типа характеризуются простой формой (рисунок 1) и образованы полостями двух типов:

- I. В форме додекаэдра (двенадцатигранника), каждая грань которого представляет собой правильный пятиугольник;
- II. В форме тетракайдекаэдра (четырнадцатигранника), состоящий из двенадцати пентагональных и двух гексагональных граней.

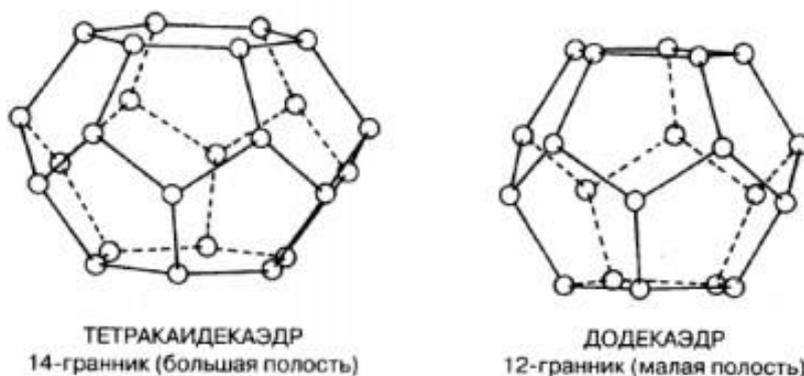


Рисунок 1 – Полиэдрические ячейки решетки гидратов I типа

Вещества, которые образуют гидраты I типа: метан- $\text{CH}_4$ , этан- $\text{C}_2\text{H}_6$ , двуокись углерода- $\text{CO}_2$ , сероводород- $\text{H}_2\text{S}$ .

- **Гидраты II типа**

Данный тип гидратов характеризуется более сложной структурой (рисунок 2) с решеткой, которая образована двумя видами ячеек:

- I. В форме додекаэдра (двенадцатигранника), каждая грань, которого представляет собой правильный пятиугольник;
- II. В форме тетракайдекаэдра (четырнадцатигранника), состоящий из двенадцати пентагональных и двух гексагональных граней.

Вещества, которые образуют гидраты II типа: азот, пропан, изобутан.

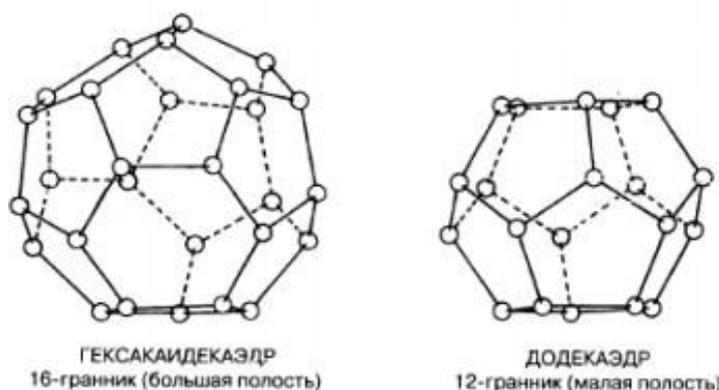


Рисунок 2 – Полиэдрические ячейки решетки гидратов II типа

- **Гидраты типа Н**

Гидраты данного типа встречаются намного реже, чем гидраты I и II типов. Для формирования гидратов этого типа требуются молекулы маленького размера (молекулы метана, гидратообразователь типа Н).

В гидратах данного типа решетка образована тремя видами ячеек:

I. Неправильная додекаэдрическая форма – с тремя квадратными гранями, шестью пентагональными гранями и тремя гексагональными гранями;

II. Додекаэдрическая – двенадцатигранник, в котором каждая из граней имеет форму правильного пятиугольника;

III. Неправильная икосаэдрической формы – двадцатигранник с двенадцатью пентагональными гранями и восемью гексагональными гранями.

В случае гидратов I и II типов для их образования достаточно лишь одного гидратообразующего вещества, но для типа Н необходимо наличие двух таких веществ:

1. Крупные молекулы (гидратообразователи типа Н);
2. Молекулы меньшего размера.

Виды углеводородных соединений, которые образуют гидраты типа Н: метилциклогексан, 2,2-диметилпентан, 3,3-диметилпентан, метилциклопентан, этилциклопентан, 2-метилбутан, 2,2-диметилбутан, 2,2,3-триметилбутан, циклогептан и циклооктан [4].

### 1.3 Условия образования гидратов

Гидраты образуются в результате медленного охлаждения жидкости, как в трубопроводе, или быстрого охлаждения, вызванного сбросом давления через клапаны или через турбодетандеры. Три основных фактора способствующие гидратообразованию являются:

- Наличие воды,
- Присутствие компонентов природного газа,
- низкая температура и высокое давление.

Также дополнительными условиями для гидратообразования могут быть высокая скорость потока жидкости, турбулентный режим течения жидкости и наличие  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Молекулы газа в диапазоне от  $\text{C}_1$  до  $\text{C}_4$  и включая  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  являются типичными гидратами. компоненты.

Наглядное представление о условиях образования газовых гидратов дает зависимость равновесных параметров гидратообразования природных газов от относительной плотности (рисунок 3).

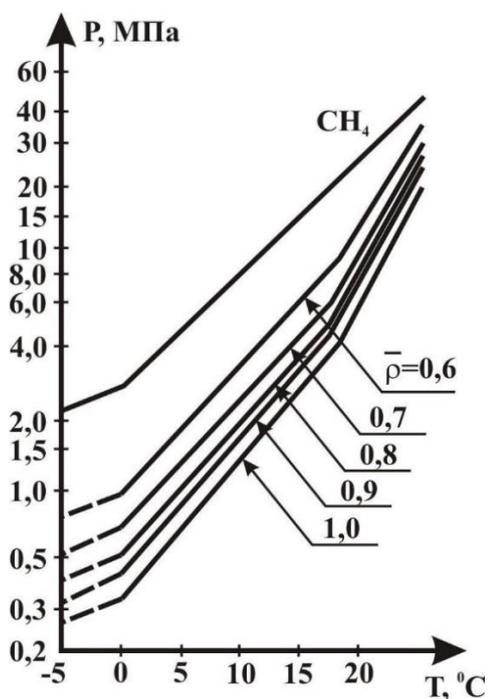


Рисунок 3 – Условия гидратообразования природного газа в зависимости от его относительной плотности (по воздуху)

Данная зависимость достоверна полностью только для газов определенного состава (плотности). Состав таких газов указан в таблице 1.1.

Таблица 1.1- Состав эталонных газов для номограмм

Плотность газа (по воздуху)	Компоненты природного газа, об.%					
	СН <sub>4</sub>	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	i-С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	n-С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	С <sub>5+в</sub>
0,60	92,67	5,29	1,38	0,182	0,338	0,14
0,70	86,05	6,06	3,39	0,84	1,36	2,30
0,80	73,50	13,40	6,90	0,80	2,40	3,0
0,91	61,98	17,77	11,18	1,50	4,14	3,43
1,00	54,71	17,45	13,30	2,10	6,40	6,04

Также на процесс образования ГГ влияет наличие солей в пластовой воде. При минерализации воды более 30-40 мг/л учитывается снижение температуры гидратообразования за счет минерализации. Например, при ингибировании метанолом, данное снижение температуры образования гидратов можно определить по следующей номограмме (рисунок 4).

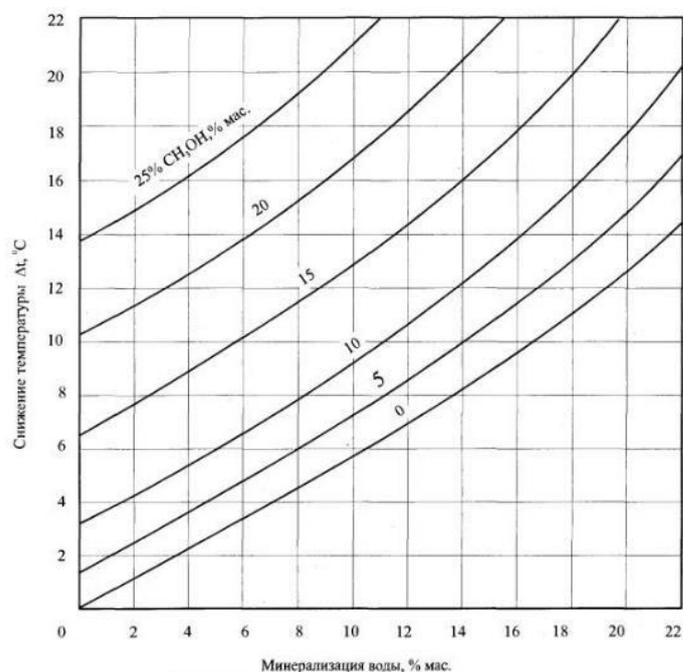


Рисунок 4 – Зависимость снижения температуры образования гидратов от минерализации при различном содержании метанола в пластовой воде

Содержание воды в газе является одним из основных факторов образования гидратов. Для этого существует номограмма (рисунок 5), по

которой можно определить максимальное содержание влаги в газе при определенных значениях температуры и давления и определить, при этих параметрах осуществляется ли гидратный режим.

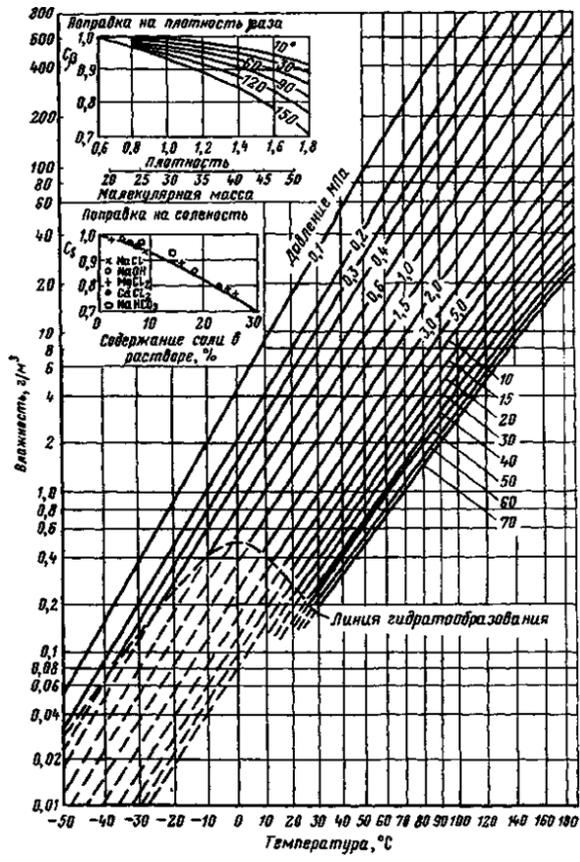


Рисунок 5 – Максимальное содержание водяных паров в природном газе в зависимости от давления и температуры

Явления, способствующие увеличению скорости образования гидратов представлены в таблице 1.2.

Таблицы 1.2- Явления, способствующие образованию гидратов и их механизм воздействия [5]

Явление	Механизм воздействия
Наличие свободной воды	Поверхность раздела вода – газ является благоприятным местом для образования гидратов. Несмотря на то, что присутствие свободной воды не является обязательным условием для образования гидратов, что показано на фазовой диаграмме давление - состав для системы метан + вода (рис. б), в присутствии свободной воды интенсивность образования гидратов все же возрастает.

Перемешивание	За счет перемешивания газа в трубопроводе, теплообменниках и других установках происходит увеличение скорости образования гидратов.
Центры кристаллизации	Место, в котором сконцентрированы благоприятные условия для перехода из жидкой фазы в твердую, представляет собой центр кристаллизации.
Турбулентность	Турбулентность характеризуется высокими скоростями потока, что также положительно влияет на активность процесса гидратообразования. В этом случае, хорошим примером является дроссельная арматура: температура газа при прохождении через нее снижается из-за эффекта Джоуля-Томсона, происходит замерзание и в уменьшенном проходном сечении скорость движения увеличивается, что и делает ее чувствительной к образованию гидратов.

#### 1.4 Места формирования и скопления газогидратов

Для эффективного предупреждения гидратообразования, необходимо точно знать участки, которые больше всего подвержены этому явлению. Теоретически газогидраты способны образовываться во всех местах, где находится газ, вода и определенные термобарические условия. Но в реальной жизни газовые гидраты формируются изначально в пласте до ввода его в разработку, либо в ПЗП, когда из-за высокой депрессии происходит резкое падение температуры газоводного потока.

Также образование гидратов может происходить на всех участках добывающей скважины: на забое, в фонтанных трубах, при наличии дросселя в кольцевом пространстве, и в приустьевом оборудовании. Самым опасным моментом образования газогидратов в скважине является период пуска скважины. Связано это с тем, что ствол скважины в этот момент еще не прогрет и происходит падение температуры [6].

На технологической линии промысловой системы сбора и подготовки газа наиболее вероятные места формирования гидратов являются:

- Сепаратор;

- Газосборный коллектор (запорная арматура и места врезки газопроводов скважин в коллектор);
- Концевые линейные краны;
- Стенки обратных клапанов и задвижек;
- Штуцеры, за счет появления эффекта Джоуля-Томпсона;
- Диафрагменный элемент измерительной установки;

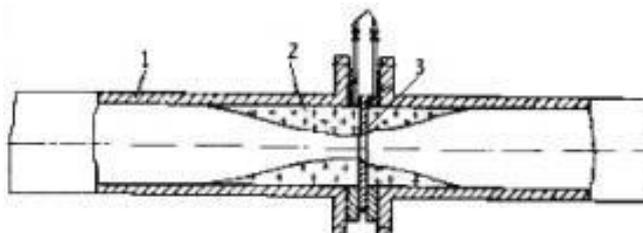


Рисунок 6 – Накопление газовых гидратов на диафрагме

1 – газопровод; 2 – гидраты; 3 – диафрагма

Например, в газопроводе наиболее часто закупоривание происходит в зимний период, связанное со значительным охлаждением движущегося в трубопроводе газового потока. Гидраты могут образовываться в трубопроводе везде, кроме газопроводов, где газ с точкой росы паров воды меньше минимальной рабочей температуры.

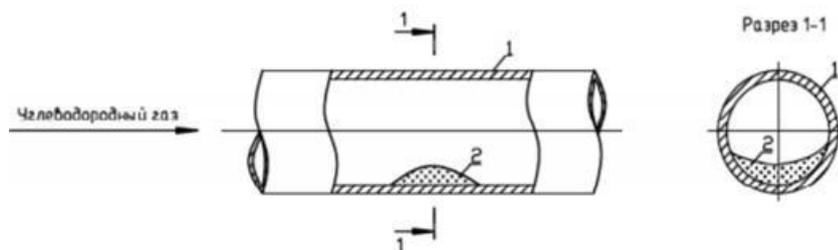


Рисунок 7 – Схема образования газогидратов в горизонтальном трубопроводе

1 – газопровод; 2 – гидраты.

Чтобы точно определить места формирования гидратной пробки нужно знать следующие данные:

- состав газа, его плотность;
- изменение давления;
- изменение температуры;

- влажность газа.

Определение скорости накопления, места и момент образование газогидратов рассчитывается, зная данные 4 параметра и их влияние друг на друга.

Гидраты не образуются если точка росы находится ниже кривой изменения температуры газа и кривой гидратообразования. В точке росы образование гидратов происходит если она находится между кривой гидратообразования и температурой газа, причем должна быть выше температуры газа и ниже кривой гидратообразования. И при нахождении точки росы выше равновесной кривой гидратообразования, газогидраты формируются при пересечении кривых гидратообразования и изменения температуры.

## **2 Анализ методов предупреждения и борьбы с гидратообразованием в промысловых коммуникациях**

### **2.1 Способы предупреждения гидратообразования**

Предупреждения осложнений в виде гидратообразования является актуальной задачей, так как данное осложнение может привести к потере добычи, авариям или закупориванию трубопровода, с дальнейшей остановкой и, как в следствии, к экономическим потерям.

По опубликованным данным, связанных с проблемой гидратообразования, можно выделить основные методы предупреждения образования гидратов.

- Предварительный подогрев газа;
- Обезвоживание природного газа;
- Безгидратный режим эксплуатации скважины;
- Ввод ингибитора гидратообразования в поток газа.

1. Метод предварительного подогрева газа на станциях подогрева паром или другими теплоносителями в теплообменниках. Чтобы предотвратить образование гидратов, необходимо просто поддерживать температуру потока газа выше условий образования гидратов (с учетом соответствующего запаса прочности), при этом сохраняя давление в газопроводе в рабочем режиме. Для подогрева жидкости можно использовать нагреватель. Поскольку это одноточечный ввод энергии, количество энергии должно быть таким, чтобы газ оставался выше точки гидратации до тех пор, пока не будет достигнута следующая точка добавления тепла. Это означает, что температура газа, поступающей в трубопровод, должна быть значительно выше температуры гидрата. Примером нагревателя является теплоспутник (рисунок 8). Их размещают вдоль газопровода, где, согласно расчетам, должны образоваться гидраты. Данный нагреватель используют на газопроводах небольшой протяженности, газосборных сетях промыслов [7].



Рисунок 8 – Теплоспутник

2. Метод обезвоживания природного газа - это процесс, посредством которого вода удаляется из природного газа. Это распространенный метод, используемый для предотвращения образования гидратов. Если воды нет, то образование гидрата невозможно. Если присутствует лишь небольшое количество воды, то образование гидрата менее вероятно. Существует несколько методов обезвоживания природного газа. Наиболее распространенными из них являются обезвоживание гликоля (жидкий осушитель), молекулярные сита (твердый адсорбент) и охлаждение.

3. Простой способ для безгидратного режима эксплуатации скважины – поддержание на устье температуры газа 25-30 градусов. В это случае при любом давлении ниже 50 МПа в стволе скважины не образуются гидраты. Изменяя дебит скважины, во многих случаях удается поддерживать такой режим. Также, на всякий случай рассчитывают возможную закачку ингибитора, если режим эксплуатации скважины резко изменится.

4. Использование ингибиторов гидратов по механизму действия можно разделить на два вида: ингибиторы гидратообразования и ингибиторы гидратоотложения.

В газовой промышленности спирты (особенно метанол), гликоли (диэтиленгликоль) и соли (хлорид кальция) обычно используются для ингибирования образования гидратов. Главные характеристики данных ингибиторов представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1- Характеристики ингибиторов гидратообразования

Характеристика	Описание		
	Метанол	Хлорид кальция	Диэтиленгликоль (ДЭГ)
Внешний вид	Прозрачная жидкость	Белые кристаллы	Прозрачная вязкая жидкость
Температура замерзания, °С	минус 97,6	20%-ный раствор замерзает при минус 18,57 °С, 30%-ный — при минус 48 °С	минус 7,8
Плотность, 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,792	2,15	1,118
Вязкость, 25 °С, сПз (мПа*с)	0,544	-	35,6

Ингибиторы гидратообразования – это ингибиторы, которые влияют на температуру и давления образования гидратов или на кинетику образования в газожидкостном потоке. Их действие заключается в том, что они уменьшают скорость роста гидратов и активность воды в растворе, тем самым изменяя равновесные условия формирования гидратов газа [8].

Ингибиторы гидратоотложения являются вещества, которые влияют на гидратную массу, делая ее более текучей. Также они препятствуют адгезии гидратов к внутренним поверхностям промышленного оборудования. Действие ингибиторов гидратоотложений заключается в образование защитной пленки на стенках трубопровода под действием ПАВ, которая уменьшает адгезию к поверхностям. Также ингибитор действует на капли воды, создавая вокруг них оболочку углеводородного конденсата. С помощью нее вода изолируется от газа [8].

## 2.2 Методы ликвидации отложений гидратов газа

Использование методов предупреждения гидратообразования не гарантирует, что гидраты не будут образовываться. Данные методы только сдерживают их образование. Гидратные пробки (ГП) образуются на ГКМ чаще в течение зимнего периода в условиях Крайнего Севера при аномально низких температурах. Местами, которые наиболее подвержены гидратообразованию, являются:

- Концевые линейные краны. На них действует два давления: с наружной стороны атмосферное давление, а внутри рабочее давление. Разница давлений приводит к тому, что уплотнительная смазка, которая находится на пробке крана, выдавливается и образует пропуски газа. В следствии этого, происходит пропуск газа с резким понижением давления, тем самым создавая зону пониженной температуры. Вода, находящаяся в газе, конденсируется и начинает процесс гидратообразования. После продолжительного накопления гидратов в этой зоне происходит полная закупорка сечения крана.

- Штуцеры непосредственно после редуцирования газа;

- Диафрагма замерного участка. В застойных зонах до и после диафрагмы скапливаются ранее образующиеся и переносимые потоком газа гидраты;

- Сепараторы (скорость потока на входных патрубках циклонных сепараторов достигает 120 м/с). Гидраты направляются в отстойную емкость, где со временем уплотняются и частично или целиком закупоривают емкость. Что в свою очередь снижает эффективность работы сепаратора;

- Блок ЗПА. В местах где происходит резкое изменение скорости потока газа, гидраты образуются в форме спирального кольца или в виде сегмента.

Обнаружить образовавшуюся гидратную пробку можно с помощью различных методов. Гидратные пробки создают сильный перепад давления, с помощью этого можно определить место. Если данный параметр не получается определить, то существуют такие методы как: радиолокации, импульсной рефлектометрии и другие [9].

После определения места нахождения гидратной пробки, выбирают один из методов ее ликвидации:

1. Одним из самых эффективных методов является закачка метанола, который может с высокой эффективностью понижать температуру

гидратообразования, а также способствует быстрому разложению гидратной пробки [10];

2. Сброс давления в газопроводе за гидратной пробкой, из-за чего нарушается равновесное состояние гидратов;

3. Подогрев трубопровода горячей водой или паром. За счет этого температуру трубопровода доводят до значения выше температуры образования гидратов, что и приводит к их разложению.

Выбор одного из данных методов борьбы с гидратами основывается на данных о размере, характере пробки и от ее местонахождения.

Если длина сплошной гидратной пробки составляет несколько десятков или сотен метров, то на данном участке в трубе вырезают несколько отверстий, через которые заливают метанол, и затем их заваривают обратно.

Если сплошная гидратная пробка является небольшой длины или пробка не сплошная, то осуществляют подачу ингибитора. Это осуществляют либо через патрубки, штуцеры для манометров или через продувную свечу.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого метода:

- При использовании ингибитора гидратообразования чаще всего применяют метанол. Его преимуществами являются: контроль объёма добычи газа, за счет правильно рассчитанного объёма закаченного метанола; высокая антигидратная активность; низкая температура замерзания; предотвращение замерзания воды. Недостатками являются: высокая стоимость метанола, а также его высокая токсичность и экологическая опасность.

- Метод снижения давления зачастую используют в комбинации с ингибитором. Связанно это с тем, что при снижении давления падает температура и если она опустится ниже нуля, то при разложении гидрата вода, которая при этом образовалась, может создать ледяную пробку. Количество ингибитора подбирается так, чтобы при температуре, которая получается при сбросе давления, раствор не замерзал. Давление снижают следующим образом: отключают участок газопровода, в котором образовалась

пробка, и через продувочные свечи с обеих сторон пробки сбрасывают из него газ в атмосферу. Недостатком данного метода является, что он применим только в условиях положительных температур. В условиях отрицательных температур он применим только вместе с использованием ингибитора, что является более дорогим способом.

- Разложение гидратной пробки методом подогрева трубопровода водой или паром заключается в повышении температуры выше, чем равновесная температура гидратообразования. Исследования показали, что трубопровод достаточно прогреть до температуры 30 – 40 °С для разложения гидратной пробки [11]. Преимуществом данного метода является простота выполнения данной операции. Недостатками являются большие энергетические затраты на нагревания теплоносителя, медленная скорость разложения гидратов.

Несмотря на все плюсы и минусы перечисленных методов, устранение образованных гидратных пробок является очень затратным мероприятием, и имеет технологические и экологические последствия. Поэтому экономически выгоднее контролировать и предупреждать процесс образования гидратов, чем бороться с ними.

### **3 Расчет оптимальных параметров работы установки для борьбы с газогидратами**

Наиболее распространенным способом борьбы с гидратообразованием в настоящее время является применение метанола, что позволяет изменить термодинамические условия образования гидратов. По некоторым оценкам, около 30–35% затрат на транспортировку и добычу газа приходится на борьбу с гидратами [12].

Проблемы присутствия газогидратов в газе может быть решена также с помощью применения циклонных аппаратов. С помощью данного метода удаление газогидратов происходит под действием центробежной силы.

Для исследования этой проблемы была использована установка, предназначенная для моделирования и определения основных параметров процесса улавливания твердых гидратов в газовом потоке трубопровода с применением эжектора [13].

Целью данной установки является выявление зависимостей для эффективного улавливания частиц газогидратов, а также определение её оптимальных параметров работы.

#### **3.1 Описание и принцип работы установки**

Установка для улавливания твердых гидратов состоит из следующих элементов:

- 1 - приемная воронка;
- 2 - эжектор;
- 3 - баллон со сжатым воздухом;
- 4 - рамповый редуктор ДКР-250;
- 5 - циклон;
- 6 - колено с измерительной трубой;
- 7 - форбункер.

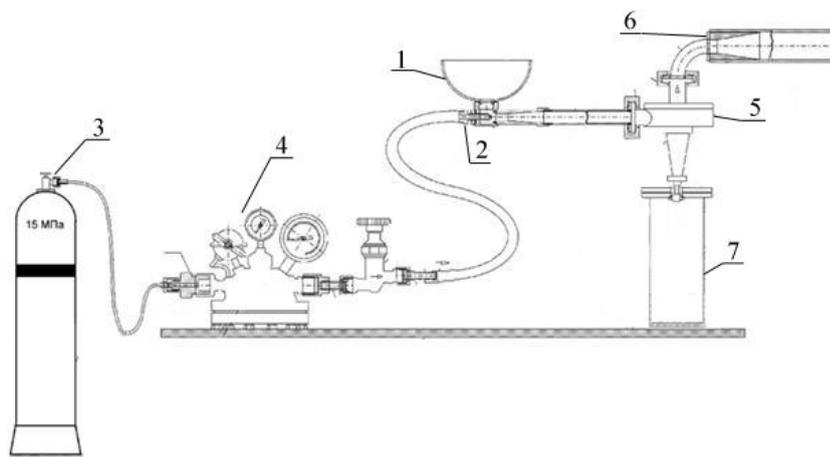


Рисунок 9 – Установка отделения механических примесей

Принцип работы установки заключается в следующем. Из баллона со сжатым воздухом через редуктор подается воздух с определенным давлением на эжектор. Для проведения исследования на экспериментальной установке в качестве заменителя гидратов был использован лед, который наиболее близок по свойствам к кристаллам гидратов) с размером частиц до 8 мм. Кристаллы льда, полученные путем замораживания дистиллированной воды, массой 100 г равномерно загружаются в приемную воронку над эжектором в течении определенного периода времени. Далее в эжекторе происходит передача кинетической энергии от движущегося с большой скоростью воздуха к частицам льда. По закону Бернулли, в сужающемся части эжектора создается пониженное давление газа, из-за чего происходит всасывание потока льда, образуя движение двухфазного потока по транспортной трубе, который поступает на прием в циклон. Попадая в циклон, двухфазный поток начинает двигаться по касательной к внутренней поверхности корпуса циклона со скоростью, которая создает центробежную силу, превышающую силы тяжести. Под действием этой центробежной силы кристаллы льда скапливаются на поверхности циклона. Где под действием силы трения снижается влияние центробежной силы на частицы льда, тем самым уменьшая их скорость. И под действием собственной силы тяжести частицы с внутренней части корпуса циклона смещаются вниз в форбункер.

В ходе работы были получены данные о степени очистки газа и

коэффициенте эжекции для трех различных диаметрах сопел эжектора: 3,1 мм, 3,9 мм и 4,8 мм при расходе газа от 49 м<sup>3</sup>/ч до 79 м<sup>3</sup>/ч. При проведении экспериментов с приборов снимались следующие значения: масса выхода частиц льда, средний перепад давления (измеренный с помощью трубки Пито – Прандтля) и время проведения испытания.

### 3.2 Определение режима течения газа и расчет степени очистки газа

Проведем расчет значений для сопла с диаметром 3,1 мм для трех подаваемых давлений равных 2, 3 и 4 атм.

Для нахождения средней скорости потока газа (м/с) воспользуемся формулой:

$$v_{\text{cp}} = \sqrt{\frac{2g\Delta P_{\text{cp}}}{\rho_{\text{г}}}} \quad (1)$$

где  $\Delta P_{\text{cp}} = \frac{1}{n}(\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n)$  - перепад давления, соответствующий средней скорости, измеренный трубкой Пито - Прандтля, в Па;  $\rho_{\text{г}}$  - плотность газа (плотность воздуха при 20°C:  $\rho_{\text{г}} = 1,204 \text{ кг/м}^3$ ).

$$v_{\text{cp2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 6,5}{1,204}} = 10,29 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

$$v_{\text{cp3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 7,8}{1,204}} = 11,27 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right);$$

$$v_{\text{cp4}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 11,5}{1,204}} = 13,68 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right).$$

Установим режим течения с помощью числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{v_{\text{cp}} \cdot d}{\nu} \quad (2)$$

где  $v_{\text{cp}}$  - средняя скорость потока, м/с;  $d$  - внутренний диаметр трубы (канала), м;  $\nu$  - кинематический коэффициент вязкости. Для воздуха:  $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$

$$Re_2 = \frac{10,29 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 27431;$$

$$Re_3 = \frac{11,27 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 30049;$$

$$Re_4 = \frac{13,68 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 36487.$$

Так как получившиеся число Рейнольдса во всех трех случаях больше 10000, то можно сделать вывод, что режим течения газа при данных параметрах установки является турбулентный.

Используя формулы для нахождения общего объемного и массового расхода воздуха в трубопроводе, рассчитываем эти значения для трех давлений.

Формула для общего объемного расхода воздуха ( $\text{м}^3/\text{с}$ ).

$$Q = v_{cp} S \quad (3)$$

где  $v_{cp}$  – средняя скорость потока ( $\text{м}/\text{с}$ );

$S$  – площадь сечения трубопровода ( $\text{м}^2$ ).

$$Q_{об2} = 10,29 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4} = 12,92 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3/\text{с)};$$

$$Q_{об3} = 11,27 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4} = 14,15 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3/\text{с)};$$

$$Q_{об4} = 13,68 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4} = 17,19 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

Переход от объемного расхода ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) к массовому ( $\text{кг}/\text{час}$ ):

$$Q_m = Q_{об} \cdot \rho_{газа} \quad (4)$$

где  $\rho_{газа} = 1,204 \text{ [кг}/\text{м}^3]$  - плотность воздуха при нормальных условиях.

$$Q_m = 12,92 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204 \cdot 3600 = 56 \text{ (кг}/\text{час)};$$

$$Q_m = 14,15 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204 \cdot 3600 = 61,3 \text{ (кг}/\text{час)};$$

$$Q_m = 17,19 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204 \cdot 3600 = 74,5 \text{ (кг}/\text{час)}.$$

Концентрация частиц льда рассчитывается на входе и выходе в очистительный аппарат по формуле:

$$C = \frac{m}{Q_m \cdot t} \quad (5)$$

Где  $m$  – масса льда на входе (г);  $Q_m$  – массовый расход (кг/час);  $t$ -время проведения эксперимента (с).

$$C_{\text{ВХ2}} = 90,42 \cdot 10^{-3}; C_{\text{ВХ3}} = 90,7 \cdot 10^{-3}; C_{\text{ВХ4}} = 57,39 \cdot 10^{-3}.$$

$$C_{\text{ВЫХ2}} = 69,62 \cdot 10^{-3}; C_{\text{ВЫХ3}} = 70,75 \cdot 10^{-3}; C_{\text{ВЫХ4}} = 48,2 \cdot 10^{-3}.$$

Степень очистки газа (СОГ) от гидратов вычисляется следующим образом по формуле:

$$\eta = \frac{V_1 x_1 - (V_1 x_1 - V_2 x_2)}{V_1 x_1} \cdot 100\% = \frac{C_{\text{ВЫХ}}}{C_{\text{ВХ}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

$$\eta_2 = \frac{C_{\text{ВЫХ}}}{C_{\text{ВХ}}} \cdot 100\% = \frac{69,62 \cdot 10^{-3}}{90,42 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 77\% ;$$

$$\eta_3 = \frac{C_{\text{ВЫХ}}}{C_{\text{ВХ}}} \cdot 100\% = \frac{70,75 \cdot 10^{-3}}{90,7 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 78\% ;$$

$$\eta_4 = \frac{C_{\text{ВЫХ}}}{C_{\text{ВХ}}} \cdot 100\% = \frac{48,2 \cdot 10^{-3}}{57,39 \cdot 10^{-3}} \cdot 100\% = 84\% .$$

С помощью данных формул были рассчитаны параметры для двух других сопел диаметром 3,9 и 4,8 мм при трех подаваемых давлениях 2, 3 и 4 атм. По результат стендовых испытаний установки для сопел трех различных диаметров, при подаваемом давлении газа равного 2, 3 и 4 атм, составлены таблицы полученных результатов, а также построен график зависимости степени очистки газа от общего массового расхода.

Таблица 3.1 – Степень очистки для сопла 3,1 мм

Диаметр сопла, мм	3,1		
Давление на манометре, Ра	2	3	4
время, с	71,1	64,7	84,22
$M_1$ , г	100	100	100
$M_2$ , г	77	78	84
Перепад давления измеренный трубкой Пито - Прандтля, Ра	6,5	7,8	11,5
$V_{\text{ср}}$ , м/с	10,29	11,27	13,68
Re	27431	30049	36487

$Q_{об}$ , м <sup>3</sup> /с	0,01292	0,01415	0,01719
$Q_m$ , кг/час	56,0	61,3	74,5
$C_{вх}$	0,09042	0,09070	0,05739
$C_{вых}$	0,06962	0,07075	0,04820
$\eta$ , %	77	78	84

Таблица 3.2 – Степень очистки для сопла 3,9 мм

Диаметр сопла, мм	3,9		
Давление на манометре, Па	2	3	4
время, с	84,06	53,7	123,08
$M_1$ , г	100	100	100
$M_2$ , г	78	88	89
Перепад давления измеренный трубкой Пито - Прандтля, Па	5	8	10
$V_{ср}$ , м/с	9,02	11,41	12,76
Re	24058	30432	34024
$Q_{об}$ , м <sup>3</sup> /с	0,01133	0,01433	0,01603
$Q_m$ , кг/час	49,1	62,1	69,5
$C_{вх}$	0,08720	0,10791	0,04211
$C_{вых}$	0,06801	0,09496	0,03748
$\eta$ , %	78	88	89

Таблица 3.3 – Степень очистки для сопла 4,8 мм

Диаметр сопла, мм	4,8		
Давление на манометре, Па	2	3	4
время, с	78,43	89,44	77,9
$M_1$ , г	100	100	100
$M_2$ , г	74	88	86
Перепад давления измеренный трубкой Пито - Прандтля, Па	5,5	8,5	12
$V_{ср}$ , м/с	9,46	11,76	14,55
Re	25233	31368	38793
$Q_{об}$ , м <sup>3</sup> /с	0,01188	0,01477	0,01827
$Q_m$ , кг/час	51,5	64,0	79,2

$C_{\text{ВХ}}$	0,08911	0,06285	0,05835
$C_{\text{ВЫХ}}$	0,06594	0,05531	0,05018
$\eta, \%$	74	88	86

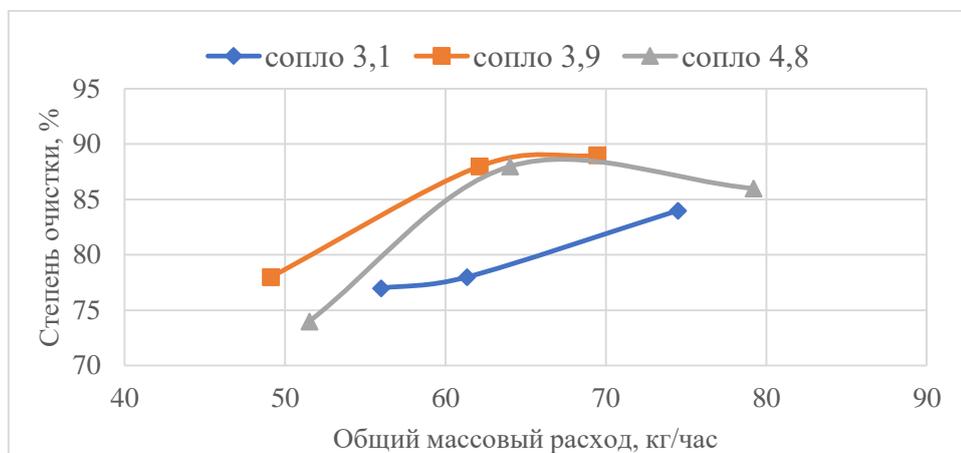


Рисунок 10 – Зависимость эффективности удаления частиц льда от расхода газа

При всех проведенных испытаниях полученное число Рейнольдса больше 10000, это означает, что при данных параметрах работы установки во всех случаях режим течения газа является турбулентным. По полученным результатам можно сделать вывод о том, что данная установка может с высокой эффективностью около 82% улавливать частицы льда. Также выявлена зависимость, что с повышением подачи газа обеспечивается лучшая его сепарация. Самый лучший результат СОГ (89%) был получен при использовании сопла диаметром 3,9 мм при значении общего расхода 69,4 кг/час.

### 3.3 Расчет коэффициента эжекции

Эжектированием называют процесс приведения в движение одного потока из-за разряженной среды, которая образуется за счет рабочего потока, который движется с большей скоростью. Активным потоком является поток, который движется под напором и создает разряженную среду. Пассивным потоком является поток, который приводится в движение. Тем самым с помощью эжектора в данной установки удаляются частицы льда. И данная

установка характеризуется коэффициентом эжекции:

$$n = \frac{Q_{m2}}{Q_{m1}} \quad (7)$$

где  $Q_{m1}$  – массовый расход активного потока газа, кг/час;

$Q_{m2}$  – массовый расход пассивного потока, кг/час.

Для определения коэффициента эжекции рассчитывается массовый расход активного потока (кг/час) по формуле 8:

$$Q_{m1} = f \cdot P_{абс} \cdot 10^5 \cdot 3600 \cdot \sqrt{k_p \cdot \left(\frac{2}{k_p+1}\right)^{\frac{k_p+1}{k_p-1}} \cdot \sqrt{\frac{1}{RT_p}}} = f \cdot P_{абс} \cdot k \cdot \sqrt{\frac{1}{RT_p}} \quad (8)$$

где  $f$  – площадь сопла в  $m^2$ ;

$P_{абс}$  – полное давление на сопле:  $P_{абс} = P_o + P_{изб} = 1 + P_{изб}$ ;

$k_p$  – показатель адиабаты, для воздуха  $k_p = 1,4$ ;

$R$  – газовая постоянная, для воздуха  $R = 287 \text{дж/кг} \times \text{град}$ ;

$T_p$  – температура газа в К.

Полученные результаты для трех сопл при трех подаваемых давлениях занесены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Расход активного потока

Р, подаваемое давление, атм	2	3	4
$Q_{m1}$ , Расход активного потока для сопла 3,1 мм, кг/час	19,2	25,6	32,0
$Q_{m1}$ , Расход активного потока для сопла 3,9 мм, кг/час	30,4	40,5	50,6
$Q_{m1}$ , Расход активного потока для сопла 4,8 мм, кг/час	46,0	61,3	76,7

Далее с помощью уже полученного ранее общего массового расхода воздуха в трубопроводе рассчитаем расход пассивного потока по формуле 9 и составим таблицу с результатами для трех сопл.

$$Q_{m2} = Q_{об} - Q_{m1} \quad (9)$$

Таблица 3.5 – Расход пассивного потока

Р, подаваемое давление, атм	2	3	4
$Q_{m2}$ , Расход пассивного потока для сопла 3,1 мм, кг/час	36,8	35,8	42,5

$Q_{m2}$ , Расход пассивного потока для сопла 3,9 мм, кг/час	18,7	21,6	18,9
$Q_{m2}$ , Расход пассивного потока для сопла 4,8 мм, кг/час	5,5	2,7	2,5

Из полученных данных видно, что при увеличении диаметра сопла расход активного потока увеличивается, но при этом расход пассивного потока уменьшается. Также с увеличением подаваемого давления расход активного потока возрастает. Зная данные о расходах активного и пассивного потока рассчитывается коэффициент эжекции с помощью формулы 7. Полученные данные занесены в таблицу 3.6 и построен график зависимости коэффициента эжекции от подаваемого давления.

Таблица 3.6 – Коэффициент эжекции

$P$ , подаваемое давление, атм	2	3	4
$n$ , коэффициент эжекции для сопла 3,1 мм	1,92	1,40	1,33
$n$ , коэффициент эжекции для сопла 3,9 мм	0,62	0,53	0,37
$n$ , коэффициент эжекции для сопла 4,8 мм	0,12	0,04	0,03

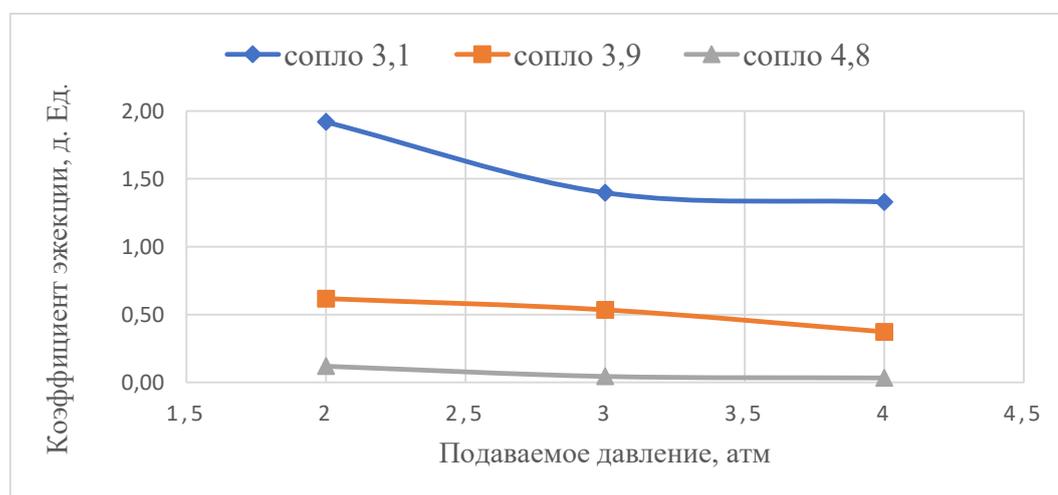


Рисунок 11 – Зависимость коэффициента эжекции от подаваемого давления

Из рисунка 11 и таблицы видно, что с увеличением подаваемого давления коэффициент эжекции уменьшается за счет увеличения расхода активного потока, также с уменьшением диаметра сопла коэффициент эжекции увеличивается. Тем самым наибольшее значение коэффициента

эжекции равного 1,92 имеет сопло диаметром 3,1 мм при подаваемом давлении 2 атм.

По полученным результатам лабораторных испытаний по числу Рейнольдса определили, что в движущемся потоке газа турбулентный режим течения. Также определили, что на установке достаточно эффективно происходит улавливание твердых частиц при использовании всех насадок около 82%, но наилучшие значения степени очистки были получены при использовании сопла диаметром 3,9 мм при подаваемом давлении 4 атм, равного 89%. Также найдена зависимость степени эжекции от расхода активного потока. Рассчитаны значения для эффективной работы данной установки.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б95	Дубов Алексей Андреевич

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение Школа</b>	Отделение нефтегазовое дело
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 Нефтегазовое дело

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

1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии.
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	СТО Газпром РД 1.12-096-2004; ГОСТ 2222-95 Метанол технический.Технические условия.
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	НДС (18%), налог на прибыль (20%)

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

1.Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2.Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Эффективность применения метанола с экономической точки зрения и усовершенствования технологии подачи ингибитора обосновано.

**Перечень графического материала**

Оценка конкурентоспособности ИРМатрица SWOT Бюджет НИ
---

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б95	Дубов Алексей Андреевич		

## **4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Основная цель расчетов – экономическая оценка использования метанола в качестве ингибитора гидратообразования, применение которого является наиболее экономически выгодным в сравнении с другими ингибиторами.

Экономическая эффективность проекта выражается в расчете затрат на закупку ингибиторов гидратообразования. При этом учитываются: массовое количество закупаемого ингибитора, объем товара, время закачки суммарного объема ингибитора и стоимость аренды агрегата, а также налоговый вычет.

Таким образом, целью данного раздела является экономическое обоснование применения метанола в качестве ингибитора гидратообразования в сравнении с другими ингибиторами.

### **4.1 Потенциальные потребители технологии**

В данной части раздела проводится анализ выбора ингибитора исходя из его эффективности применения и экономической выгоды. Выбор ингибитора гидратообразования является крайне важным технологическим решением на месторождениях нефти и газа в условиях гидратообразования. Ингибитор должен обладать наивысшей эффективностью в борьбе с гидратообразованием, а его использование должно быть экономически целесообразно.

Метанол является наиболее распространенным и широко используемым ингибитором гидратообразования на многих промыслах нефти и газа. Помимо метанола будут рассмотрены другие ингибиторы гидратообразования, а именно хлористый кальций и этиленгликоль.

Произведем сегментирование рынка по поставщикам вышеперечисленных ингибиторов:

СотСнаб – занимается оптовыми поставками химического сырья. Активно сотрудничаем с российскими заводами – производителями

химической продукции, благодаря этому готовы предложить низкие цены и лучшие условия оплаты на продукцию.

Chemexsol – это интернет–платформа для сделок в области химических решений для нефтегазодобывающей отрасли с возможностью в режиме онлайн подобрать реагент и разместить заказ на его производство и поставку. На платформе уже собраны основные игроки: поставщики наиболее популярных сырьевых компонентов, транспортные компании и производственные площадки

Составим карту сегментации рынка услуг по увеличению нефтеотдачи пласта (рисунок 12).

		Ингибитор гидратообразования		
		Метанол	Этиленгликоль	Хлористый кальций
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

	СотСнаб
	Chemexsol

Рисунок 12 — карта сегментации рынка услуг по увеличению утилизации ПНГ газлифтным методом

Из карты сегментирования можно сделать вывод о том, что поставщик СотСнаб имеет высокую долю влияния на рынке поставок ингибиторов гидратообразования. Chemexsol следует уделить больше внимания на ценообразование ингибитора, чтобы повысить конкурентоспособность компании на рынке, что приведет компанию к ее дальнейшему развитию на данном рынке.

## 4.2 Технология QuaD

Построена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений в таблице 4.1.

Таблица 4.1 — Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Показатели оценки качества проведения технологии</b>					
1. Энергоэффективность	0,01	80	100	0,8	1,4
2. Надежность	0,05	90	100	0,8	12
3. Безопасность	0,1	50	100	0,95	4,75
4. Потребность в ресурсах памяти	0,01	20	100	0,5	2
5. Функциональная мощность	0,02	95	100	0,65	9,75
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,01	10	100	0,65	2,6
7. Ремонтопригодность	0,01	10	100	0,6	4,8
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
8. Конкурентоспособность технологии	0,1	95	100	0,9	9
9. Перспективность рынка	0,05	95	100	0,85	4,25
10. Цена	0,2	90	100	0,7	2,8
11. Финансовая эффективность технологии	0,05	70	100	0,9	4,5

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i \quad (10),$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности технологии;

$B_i$  – вес показателя;  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

$P_{cp} = 57,85$ , данное значение позволяет сделать вывод о том, что технология имеет перспективность выше среднего, что соответствует необходимым требованиям.

### 4.3 SWOT–анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT–анализ. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые

проявились или могут появиться в его внешне среде.

Результаты первого этапа SWOT–анализа представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT–анализа

<b>Сильные стороны технологии (С)</b>	<b>Слабые стороны технологии (Сл)</b>
1. Самая низкая цена в сравнении с другими ингибиторами; 2. Возможность использовать ингибитор несколько раз при внедрении регенерации; 3. Удобен в транспортировке.	1.Трудности в эксплуатации; 2.Требования в подборе необходимой концентрации; 3.Высокая токсичность.
<b>Возможности (В)</b>	<b>Угрозы (У)</b>
1. Разрушение образовавшихся гидратов 2. Предотвращение образования новых гидратов	1. Изобретение новых ингибиторов, способных превзойти метанол. 2. В случае высокой аварийности или смертности персонала при работе с метанолом, может быть запрещен к применению.

**Второй этап** состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Её использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора.

Факторы помечаются либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

<b>Сильные стороны</b>				
		<b>С1</b>	<b>С2</b>	<b>С3</b>
<b>Возможности проекта</b>	<b>В1</b>	+	+	+
	<b>В2</b>	+	+	+

При анализе интерактивной таблицы определены сильные коррелирующие стороны и возможности: В1С1С2С3; В2С1С2С3.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны				
Возможности проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3
	В1	–	+	–
	В2	–	0	+

При анализе интерактивной таблицы обнаружены корреляции слабых сторон и возможностей проекта: В1СЛ2В2СЛ3.

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	+	+	+
	У2	0	+	+

При анализе интерактивной таблицы выявлены корреляции сильных сторон и угроз проекта: У1С1С2С3; У2С2С3.

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны				
Угрозы проекта		СЛ1	СЛ2	СЛ3
	У1	+	+	+
	У2	+	–	+

При анализе интерактивной таблицы выявлены корреляции слабых сторон и угроз проекта: У1СЛ1СЛ2СЛ3; У2СЛ1СЛ3.

Заявленная технология имеет большой потенциал, высокую актуальность и эффективность. Из недостатков можно выделить токсичность и трудности в эксплуатации.

#### 4.4 Обоснованность применения метанола в качестве ингибитора гидратообразования

В целях борьбы с гидратообразованием на технологических участка предусматривается подача определенного количества ингибитора.

Для нелетучих ингибиторов (хлористый кальций, гликоли) удельный расход определяется из соотношения:

$$q_{\text{н}} = \frac{(W_1 - W_2) \cdot c_2}{c_1 - c_2} \quad (11),$$

где  $q_n$  – расход нелетучего ингибитора, кг на 1000 м<sup>3</sup> газа;  $W_1$  – влагосодержание газа до ввода ингибитора, кг на 1000 м<sup>3</sup> газа;  $W_2$  – влагосодержание газа в защищаемой точке, кг на 1000 м<sup>3</sup>,  $c_1$  – весовая концентрация свежего ингибитора, %;  $c_2$  – то же, для отработанного ингибитора,

%.

Для легколетучего ингибитора, каким является метанол, удельный расход складывается из количества метанола, необходимого для насыщения жидкой свободной воды  $q_{ж}$ , и количества метанола, необходимого для насыщения газовой фазы  $q_{газ}$ :

$$q_{л} = \frac{(W_1 - W_2) \cdot c_2}{c_1 - c_2} + 0,001 \cdot c_2 \cdot a \quad (12),$$

Для удобства расчета примем значения для необходимых параметров. Концентрацию растворов ингибиторов  $c_1$  принимаем равной 40%. Значения  $c_2$  для каждого ингибитора определяются по рисунку 13 при учете понижения равновесной температуры на 10 °С, значение  $W_1$  определяется по диаграмме влагосодержания насыщенного природного газа с учетом давления и температуры.

Таблица 4.7 – Значения исходных величин

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Температура газа, °С	20	$W_1$ , кг/1000 м <sup>3</sup>	0,48
Давление, МПа	10	$W_2$ , кг/1000 м <sup>3</sup>	0,3
Дебит скважины $Q$ , м <sup>3</sup> /сут	$1 \cdot 10^6$	$\alpha$	30

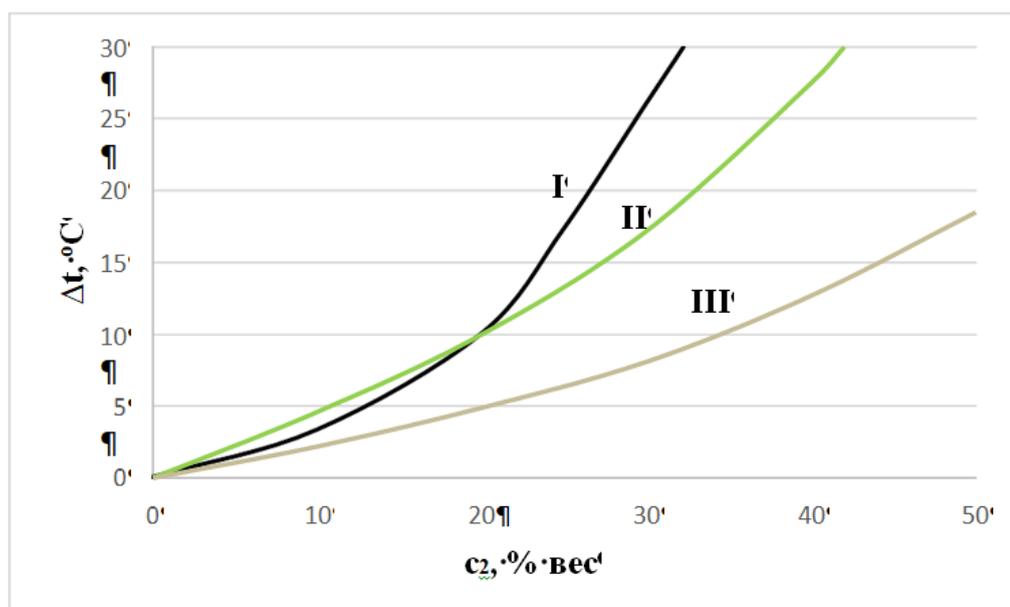


Рисунок 13 – Понижение температуры гидратообразования различными ингибиторами в зависимости от концентрации: I – хлористый кальций, II – метанол, III – этиленгликоль

Далее проводим расчет необходимого количества ингибитора для понижения равновесной температуры на 10 градусов с начальной концентрацией растворов ингибиторов 40% вес. Суммарный расход определен при соответствующем дебите газовой скважины (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Расчетные значения удельного расхода ингибиторов

	Ингибитор гидратообразования		
	Метанол	Этиленгликоль	Хлористый кальций
Суточный расход ингибитора, кг/1000 м <sup>3</sup>	780	1260	180

Учитывая количество ингибитора, который расходуется в течение суток в целях предупреждения гидратообразования, наиболее рационально использовать хлористый кальций, однако его растворы обладают перечнем недостатков, которые ограничивают область его применения, особенно в районах Крайнего Севера. Далее, по оценке расхода, приходим к выводу, что целесообразным решением является применение метанола в качестве ингибитора гидратообразования.

При рассмотрении затрат на расходы ингибитора предполагается рассмотреть цены за тонну метанола, этиленгликоля и хлорида кальция (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Цена за тонну ингибитора

Ингибитор гидратообразования	Цена за тонну, руб.
Метанол	25000
Этиленгликоль	37000
Хлористый кальций	28000

Таким образом доказана экономическая целесообразность применения метанола с учетом удельных расходов для предупреждения гидратообразования. Увеличить эффективность использования метанола с минимальным его расходом является приоритетной задачей, ведь перерасход ингибитора приводит к лишним затратам, что является крайне нежелательным. Оптимизировать рациональное использование метанола можно с помощью предложенной технологии подачи ингибитора, экономическая целесообразность реализации которой будет рассмотрена в следующих пунктах раздела.

#### **4.5 Анализ эксплуатационных затрат при применении метанола**

В данной части раздела проведен анализ эксплуатационных затрат, связанных с использованием метанола в целях предупреждения гидратообразования. Для более полного анализа и подтверждения обоснованности применения метанола по сравнению с другими термодинамическими ингибиторами гидратообразования, проведем расчеты эксплуатационных затрат и для других ингибиторов гидратообразования, а именно этиленгликоля и хлорида кальция при их наиболее эффективной концентрации растворов.

Для расчета воспользуемся исходными данными, представленными в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Исходные данные для расчета эксплуатационных затрат

Параметр	Значение
Стоимость тонны ( $C_{и}$ ) метанола, руб.	25000
Стоимость тонны ( $C_{и}$ ) хлорида кальция, руб.	37000
Стоимость тонны ( $C_{и}$ ) этиленгликоля, руб	28000
Массовое количество ( $m_{и}$ ) метанола, т	100
Массовое количество ( $m_{и}$ ) хлорида кальция, т	100
Массовое количество ( $m_{и}$ ) этиленгликоля, т	100
Аренда передвижного агрегата централизованной заправки ингибиторных емкостей ( $C_a$ ), руб./ч	2000
Плотность 100% вес. раствора ( $\rho_{и}$ ) метанола, кг/м <sup>3</sup>	791,8
Плотность 30% вес. раствора ( $\rho_{и}$ ) хлорида кальция, кг/м <sup>3</sup>	1286
Плотность 70% вес. раствора ( $\rho_{и}$ ) этиленгликоля, кг/м <sup>3</sup>	1088

Суммарные расходы ( $P$ ) вычисляются путем сложения расходов на ингибитор и аренду агрегата для заправки им емкостей:

$$P = P_{инг} + P_a \quad (13)$$

Расходы на ингибитор рассчитываются по следующей формуле:

$$P_{инг} = C_{инг} + m_{инг} \quad (14)$$

$$P_{метанола} = 25000 + 100 = 2,5 \text{ млн. руб}$$

$$P_{хлорид кальция} = 28000 + 100 = 2,8 \text{ млн. руб}$$

$$P_{этиленгликоль} = 37000 + 100 = 3,7 \text{ млн. руб}$$

Расходы на аренду агрегата рассчитываются следующим образом:

$$P_a = C_a \cdot T_a \quad (15)$$

Где  $T_a$  – общее время работы агрегата, равное отношению объема ингибитора  $V_{и}$  к скорости заполнения двух емкостей ингибитором  $U$  с помощью агрегата (в среднем, на заправочном агрегате можно заправить около двух емкостей объемом около 0,04 м<sup>3</sup> в час):

$$T_a = \frac{V_{и}}{U} \quad (16)$$

$$V_{\text{и}} = \frac{V_{\text{и}}}{\rho_{\text{и}}} \quad (17)$$

Стоит напомнить, что для расчетов используются растворы ингибиторов определенных концентраций, в таком случае масса растворов ингибиторов  $m_{\text{ри}}$  будет существенно отличаться от массы ингибиторов  $m_{\text{и}}$ :

$$V_{\text{метанол}} = \frac{m_{100\% \text{ р-р метанола}}}{\rho_{100\% \text{ р-ра метанола}}} = \frac{100000}{791,8} = 126,3 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{хлорид кальция}} = \frac{m_{30\% \text{ р-р хлорида кальция}}}{\rho_{30\% \text{ р-ра хлорида кальция}}} = \frac{100000}{0,3 \cdot 1286} = 1259,2 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{ЭГ}} = \frac{m_{70\% \text{ р-р ЭГ}}}{\rho_{70\% \text{ р-ра ЭГ}}} = \frac{100000}{0,7 \cdot 1088} = 131,3 \text{ м}^3$$

Рассчитаем время работы заправочного агрегата:

$$T_{a \text{ метанол}} = \frac{V_{\text{метанол}}}{U} = \frac{126,3}{2 \cdot 0,04} = 1579 \text{ часов}$$

$$T_{a \text{ хлорид кальция}} = \frac{V_{\text{хлорид кальция}}}{U} = \frac{259,2}{2 \cdot 0,04} = 3240 \text{ часов}$$

$$T_{a \text{ ЭГ}} = \frac{V_{\text{ЭГ}}}{U} = \frac{131,3}{2 \cdot 0,04} = 1641 \text{ часов}$$

Расчет затрат на аренду агрегата:

$$P_{a \text{ метанол}} = C_a \cdot T_{a \text{ метанол}} = 2000 \cdot 1579 = 3,15 \text{ млн. руб}$$

$$P_{a \text{ хлорид кальция}} = C_a \cdot T_{a \text{ хлорид кальция}} = 2000 \cdot 3240 = 6,48 \text{ млн. руб}$$

$$P_{a \text{ ЭГ}} = C_a \cdot T_{a \text{ метанол}} = 2000 \cdot 1641 = 3,28 \text{ млн. руб}$$

Так как основные средства представлены арендованным имуществом, то величиной амортизации будет являться суммарная стоимость владения этим имуществом. В данном случае будет выполняться равенство:  $A = P_a$

Последним шагом рассчитаем общие затраты:

$$P_{\text{метанол}} = P_{\text{метанол}} + P_{a \text{ метанол}} = 2,5 + 3,15 = 5,65 \text{ млн. руб}$$

$$P_{\text{хлорид кальция}} = P_{\text{хлорид кальция}} + P_{a \text{ хлорид кальция}} = 2,8 + 6,48$$

$$= 9,28 \text{ млн. руб}$$

$$P_{\text{ЭГ}} = P_{\text{ЭГ}} + P_{a\text{ЭГ}} = 3,8 + 3,28 = 7,08 \text{ млн. руб}$$

Результаты расчетов представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Эксплуатационные затраты при работе с ингибиторами

Параметр	Ингибитор гидратообразования		
	Метанол	Хлорид кальция	Этиленгликоль
Стоимость ингибитора за тонну, руб.	25000	28000	38000
Массовое количество ингибитора, т.	100	100	100
Расходы на ингибитор (цена за 100 т.), млн. руб.	2,5	2,8	3,8
Объем ингибитора, м <sup>3</sup>	126,3	259,2	131,3
Время закачки суммарного объема ингибитора, ч	1579	3240	1641
Общая стоимость аренды агрегата, млн. руб.	3,15	6,48	3,28
Суммарные расходы, млн. руб.	5,65	9,28	7,08

В результате расчетов, связанных с эксплуатационными затратами на применение ингибиторов, можно оценить их экономическую эффективность. В сравнении с хлоридом кальция и этиленгликолем применение метанола в качестве ингибитора гидратообразования наиболее экономически оправдано и выгодно. Общие расходы при применении метанола практически в 2 раза меньше расходов, связанных с использованием хлорида кальция.

#### 4.6 Вывод по экономическому разделу

В результате работы, в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была проведена оценка обоснованности применения метанола по сравнению с другими ингибиторами гидратообразования, а именно оценка экономической выгоды и эффективности применения метанола, основанная на затратах, связанных с

необходимым количеством ингибитора и его стоимости, общей стоимости ингибиторов эксплуатационных затратах при работе с метанолом и другими ингибиторами гидратообразования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 2Б95		<b>ФИО</b> Дубову Алексею Андреевичу	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 Нефтегазовое дело

Тема ВКР:

<b>Анализ технологии подготовки газа и газоконденсата в осложненных газогидратами условиях</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p>Объект исследования: технологии подготовки газа и газоконденсата в осложненных газогидратами условиях          Область применения: разработка и эксплуатация месторождения          Рабочая зона Оператора ДНГ располагается в специально оборудованных цехах.          Размеры помещения (климатическая зона): 100*50 м          Количество и наименование оборудования рабочей зоны фонтанная арматура, шлейфы, регулирующие запорные арматуры, дроссель.          Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне контроль параметров при эксплуатации скважин, во время добываемой газовой продукции, ввод ингибитора, борьба с образованием гидратов.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 19.12.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2023). Глава 14. Защита персональных данных работника.          2. МР 2.2.9.2311-07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».          3. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*          4. ГОСТ Р 12.1.019-2017 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ потенциально вредных и опасных производственных факторов;</li> <li>– обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.</li> </ul>	<p>Анализ потенциальных вредных и опасных факторов при проведении полевых работ на участках фонда скважин и промысла газоконденсатных месторождений.          Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на</li> </ul>

	<p>организм работающего человека;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</li> <li>– Повышенная загазованность рабочей зоны;</li> <li>– Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Эксплуатация оборудования, работающих под давлением; Пожары и взрывы легковоспламеняющегося природного газа;</li> <li>– Производственные факторы, связанные с электрическим током.</li> </ul> <p>Мероприятия по борьбе с вредными производственными факторами в полевых, в производственных помещениях. Мероприятия по борьбе с опасными производственными факторами в полевых, в производственных помещениях.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p>Воздействие на селитебную зону (выбросы паров газа при аварии и выбросах вредных веществ);</p> <p>Воздействие на литосферу (твёрдые бытовые и строительные отходы, разлитие растворов и химических агентов);</p> <p>Воздействие на гидросферу (промышленные стоки и прорывы амбаров в сточные воды);</p> <p>Воздействие на атмосферу (выбросы паров газа и метанола).</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p>Возможные ЧС при разработке и эксплуатации оборудования кустовой площадки;</p> <p>Наиболее типичная ЧС:</p> <p>Геологические воздействия (землетрясение, цунами, ураган и т.д.);</p> <p>Техногенные аварии (выброс газа в атмосферу, отказ систем безопасности, нарушение контроля и управления оборудования, работающих под высоким давлением, пожары);</p> <p>Пожарная и взрывная опасность.</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б95	Дубов Алексей Андреевич		

## **5 Социальная ответственность**

Социальная ответственность - сознательное отношение субъекта социальной деятельности к требованиям социальной необходимости, гражданского долга, социальных задач, норм и ценностей, понимание последствий осуществляемой деятельности для определенных социальных групп и личностей, для социального прогресса общества.

Работы включают в себя следующие технологические операции: осуществление работ по заданному режиму скважины, контроль за системами подачи реагента в систему сбора и подготовки продукции, обслуживание, монтаж и демонтаж оборудования, используемого при добыче нефти и газа. Работы выполняются круглогодично.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

К работам на производственных объектах допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний для работы в условиях Крайнего Севера и с учетом вредных и опасных производственных факторов, прошедшие соответствующее обучение, инструктаж и проверку знаний по безопасному ведению работ.

При работе в условиях крайнего севера, или регионах приближенным к условиям крайнего севера, к размеру заработной платы персонала добавляются так же определённые коэффициенты, согласно статьям трудового кодекса 316. районный коэффициент к заработной плате и 317. процентная надбавка к заработной плате, так же предоставления ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, согласно статье 321.

Рабочая смена за пультом управления составляет 12 часов. Контроль над работой оборудования должен происходить всегда, то есть работы проводятся в две смены. Запрещен допуск к работе женщин и подростков, также сотрудников, не имеющих допуск к работе. Каждому оператору в

обязательном порядке выдается 2 комплекта спецодежды. Оператор может устранять мелкие неполадки в работе установки, но запрещается допуск к устранению серьезных поломок. При обнаружении таковых незамедлительно сообщить сменному инженеру и вызвать бригаду ремонтников.

Рабочая зона оператора представляет собой кустовую площадку, расположенную на определённом удалении от основного места пребывания. Кустовая площадка оборудована блоком управления погружного оборудования, автоматической групповой замерной установкой, а также сетью фонтанных арматур со специально установленными площадками для удобства и безопасности выполнения оператором необходимых технологических операций, согласно нормам технологического проектирования объектов сбора, транспортировки, подготовки нефти, газа и воды нефтяных, газовых и нефтегазоконденсатных месторождений.

## 5.2 Производственная безопасность

Рассмотрим основные наиболее вероятные вредные и опасные производственные факторы на рабочих местах, которые могут иметь место при выполнении данных видов работ, представленных в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы [14]

Наименование работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Подача метанола в возможные места образования гидратной пробки на промысле; 2. Работа с машинами и механизмами; 3. Установка и снятие заглушек.	1. Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ССБТ ГОСТ 12.1.005-88.
	2. Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека	ГОСТ 12.1.007-76.
	3. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016; СНиП 23-05-95
	4. Повышенная загазованность рабочей зоны	ОСТ 51.140-86

	5. Производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.1.009-2017
	6. Эксплуатация оборудования, работающих под давлением	ПБ 03-576-03
	7. Пожаровзрывоопасность	ГОСТ Р 12.3.047-2012

### **5.3 Анализ потенциальных вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению (производственная санитария)**

#### **5.3.1 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека**

Для предотвращения газогидратных пробок на газоконденсатных месторождениях используется метанол, который представляет большую опасность производства для обслуживающего персонала и населения. Метанол - сильный яд, действующий на нервную и сосудистую системы, слизистую оболочку дыхательных путей. Отравление при приеме внутрь и при вдыхании паров. Небольшое количество метанола (до 10-15г) приводит к тяжелым отравлениям. ПДК для данного вещества указана в таблице 5.2. При работе с метанолом необходимо соблюдать требования техники безопасности согласно ГОСТ 12.1.007-76.

Средства индивидуальной защиты для предотвращения отравления метанолом: противогаз с коробкой марки А, резиновые сапоги и перчатки.

Пролитый при авариях или других случаях метанол смывается большим количеством воды, но не менее 2-х объемов. Фланцевые соединения на трубопроводах метанола окожушиваются и пломбируются.

#### **5.3.2 Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего**

Нормы производственного микроклимата установлены в ССБТ ГОСТ

12.1.005-88. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями [15].

В этих нормах отдельно нормируется каждый компонент микроклимата в рабочей зоне производственного помещения: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха в зависимости от способности организмачеловека к акклиматизации в разное время года, характера одежды, интенсивности производимой работы и характера тепловыделений в рабочем помещении.

Таблица 5.2 – Характеристики пожаро-, взрывоопасных и токсических свойств сырья, полупродуктов, готовой продукции и отходов производства [16]

Наименование сырья, полупродуктов, готовой продукции	Агрегатное состояние при рабочих условиях	Класс опасности ГОСТ 12.1.007-76	Температура, °С			Концентрационные пределы, % об.		Характеристика токсичности (воздействия на организм человека)	ПДК веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-88[12]), мг/м <sup>3</sup>
			Вспышки	Воспламенения	амовоспламенения	Ни ж	Верх		
Газ природный	Газ	4	-191		537	5	15	Действует удушающе при незначительном, менее 18%, содержании O <sub>2</sub> в воздухе. Вызывает расстройство нервной системы	300
ДЭГ	Жидкость	3	123	133 - 203	380	1.05	22.07	При приеме внутрь - яд. Возможны хронические отравления при вдыхании паров	10
Метанол	ЛВЖ	3	6		440	6	34	Сильный яд, действует на нервную и сосудистую системы, слизистую оболочку дыхательных путей. Отравление при приеме внутрь и при вдыхании паров.	5
Конденсат газа	ЛВЖ	4	<-40		287	1.4	7.7	Действует на центральную нервную систему. При длительном вдыхании паров в концентрациях значительно превышающих ПДК, появляется головокружение, тошнота, головная боль и слабость, а при значительных концентрациях может наступить отравление. Может вызвать заболевания: дерматит и экзему.	300
Керосин	ЛВЖ	4	28	25 - 105	230	1.8	8	Керосин является малоопасным продуктом. В помещениях для хранения керосина не допускается хранить кислоты, баллоны с кислородом и другие окислители.	300

В рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТ 12.1.005-88 могут быть установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 5.3, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 5.3 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 – 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 – 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 – 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 – 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 – 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 – 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 – 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 – 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 – 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 – 40	0,3

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

должны соответствовать значениям, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения

в течение смены не должны превышать:

- о при категориях работ Ia и Ib – 4° С;
- о при категориях работ IIa и IIб – 5° С;
- о при категории работ III – 6° С.

В соответствии с требованиями ст. 221 ТК Российской Федерации на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются сертифицированная специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты.

### **5.3.3 Повышенная загазованность рабочей зоны в помещении**

При подготовке природного газа к транспортировке должны быть приняты меры по предупреждению загрязнения рабочих мест и загазованности воздушной среды. Для контроля загазованности должны проводиться замеры воздушной среды в производственных помещениях, а при появлении загазованности - приниматься меры по ее устранению.

При концентрации паров УВ свыше 300 мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.2) работы должны быть приостановлены, люди выведены из опасной зоны.

Во всех производственных помещениях установлены приточно-вытяжные системы вентиляции с механическим и естественным побуждением. В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление больших количеств горючих газов, аварийная

вентиляция совместно с основными системами обеспечивает дополнительный воздухообмен.

Для защиты от воздействия природного газа, действующего удушающе в больших концентрациях, используют следующие индивидуальные средства защиты: фильтрующий противогаз с коробкой марки АХ или В, изолирующие противогазы марки РКК-1 и КИП-7.

#### **5.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения**

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Для обеспечения комфортного освещения разработаны и выполнены следующие мероприятия: рабочие места объекты подходы к ним, проходы в темное время суток освещены, искусственное освещение выполняется в соответствии с требованиями правил устройства электроустановок ПУЭ и строительных норм и правил, уровень освещенности рабочих мест соответствует отраслевым нормам проектирования искусственного освещения объектов. В производственных помещениях предусмотрено аварийное и эвакуационное освещение. Освещенность помещения обеспечивает оптимальное зрительное восприятие объекта различения. Освещение обеспечивает равномерно распределение яркости на рабочей поверхности и окружающего пространства. Освещенность поверхности постоянна, без пульсаций. Осветительные установки долговечны и безопасны. Замеры уровня освещенности проводится не реже одного раза в год, а также после реконструкции помещений и систем освещения.

Освещение должно обеспечиваться коэффициентом естественного освещения не ниже 1,0 %. Естественное и искусственное освещение в

помещениях регламентируется нормами СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 в зависимости от характера зрительной работы. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно давать блики, яркость светящихся поверхностей не должна быть более 200 кд/м<sup>2</sup> [17].

Для поддержания нормируемых значений освещенности необходимо своевременно проводить чистку стекол и светильников, замену перегоревших ламп.

### **5.3.5 Производственные факторы, связанные с электрическим током**

Все производственные помещения должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроустановками по ГОСТ 12.1.009-2017.

Согласно приказу Минтруда России от 15.12.2020 N903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», установлено 5 квалификационных групп по электробезопасности, каждая из которых предусматривает соответствующий объем требований в отношении профессиональных знаний, стажа работы в электроустановках и практических навыков.

Для того чтобы исключить возможность поражения электрическим током, на УКПГ применяются различные технические способы и средства защиты: защитное заземление, защитное зануление, изоляцию проводников, токоведущие сети располагают на высоте или применяют ограждения, блокировки, сигнализацию, голые электропровода, шинопроводы, щиты управления помещают в специальные ящики, шкафы или закрывают сплошными или сетчатыми ограждениями.

Для обслуживания электроустановок применяют следующие индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, оперативные

штанги, изолирующие и измерительные клещи, инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения; дополнительно применяются: диэлектрические галоши (ботинки), резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Для уменьшения опасности поражения электрическим током при использовании ручного электроинструмента, переносных светильников и ламп применяется пониженное напряжение - 12 или 42 В. Источниками малого напряжения служат аккумуляторы или понижающие трансформаторы [18].

Для защиты от статического электричества технологическое оборудование и трубопроводы заземлены. Максимальное сопротивление контура заземления от статического электричества не превышает 100 Ом.

Для ослабления генерирования зарядов статического электричества ЛВЖ и другие диэлектрические материалы транспортируются по трубопроводам с малыми скоростями. Ограничения скорости транспортирования принимаются в зависимости от свойств жидкости, диаметра и длины трубопроводов.

Для предотвращения образования и накопления статического электричества от падающей струи трубы для заполнения резервуаров, емкостей спущены почти до дна, под уровень имеющейся жидкости.

Предусмотрена защита технологических установок производственных зданий и сооружений от электрической и электромагнитной индукции. От прямых ударов молний сооружения защищены специально установленными молниеотводами.

### **5.3.6 Эксплуатация оборудования, работающих под давлением**

Основная опасность при эксплуатации сосудов под давлением - возможность их разрушения под действием давления рабочей среды. При физическом взрыве энергия сжатой среды в течение малого промежутка времени реализуется в кинетическую энергию осколков разрушенного сосуда и воздушную ударную волну. При этом осколки могут разлетаться на

несколько сотен метров и при соударении с технологическим оборудованием, емкостями вызвать их разрушение, приводя к возможности возникновения взрывов и пожаров и гибели людей. Мощность физических взрывов сосудов весьма велика. Например, мощность взрыва сосуда вместимостью 1 м<sup>3</sup>, находящегося под давлением воздуха, равным 1 МПа, составляет 13 МВт.

Наиболее частыми причинами аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением, являются несоответствие конструкции максимально допустимому давлению и температурному режиму, превышение давления сверх предельного, потеря механической прочности аппарата (коррозия, внутренние дефекты металла, местные перегревы), несоблюдение установленного режима работы, отсутствие необходимого технического надзора, ошибочные действия обслуживающего персонала.

Требования безопасности, предъявляемые к устройству, изготовлению и эксплуатации сосудов, работающих под давлением, определены "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" ПБ03-576-03. К сосудам, на которые распространяются эти правила, относятся: сосуды, работающие под избыточным давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>); баллоны, предназначенные для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа, сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115°С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 Мпа [19].

Правила устанавливают специальные требования безопасности к конструкции и материалам сосудов, к изготовлению, монтажу и ремонту, к арматуре, контрольно-измерительным приборам и предохранительным устройствам, к установке, регистрации и техническому освидетельствованию сосудов, к содержанию и обслуживанию их.

Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта сосудов. Так, сосуды с внутренним

диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с диаметром менее 800 мм - лючки в местах, доступных для обслуживания.

### **5.3.7 Пожаробезопасность и взрывобезопасность**

Все мероприятия проводятся согласно ГОСТ Р 12.3.047-2012. На газовом промысле взрывоопасен природный газ, его концентрация в рабочей зоне не должна превышать 15 %об. (таблица 5.2). Для взрывоопасных и пожароопасных цехов, участков, объектов; исходя из их специфики, в качестве мер пожарной безопасности принят порядок содержания территории, зданий и помещений, в т.ч. эвакуационных путей и выходов, осуществляется мероприятия по обеспечению пожарной безопасности при проведении технологических процессов, эксплуатации оборудования, производстве пожароопасных работ. Для курения, применения открытого огня и проведения огневых работ предусмотрены специально оборудованные площадки [20].

Предусмотрено обучение персонала обязанностям и действиям при пожаре правилам вызова пожарной охраны, порядку аварийной остановки технологического оборудования, отключения вентиляции и электрооборудования, правилам применения первичных средств пожаротушения, порядку осмотра и приведения в пожаробезопасное состояние всех закрепленных помещений и установок. По данным мероприятиям периодически проводятся практические тренировки.

Производственные и служебные помещения, технологическое оборудование укомплектовано необходимыми первичными средствами пожаротушения согласно нормам.

На видных местах необходимо размещать схемы эвакуации людей в случае пожара, инструкции, определяющие действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации, устройства систем оповещения о пожаре, таблички с указанием телефона пожарной части 01 или 112.

Проведение пожароопасных работ (электро- и газосварка, бензорезка, паяльные работы, работа с электроинструментом и др.) на газовых объектах

осуществляется только после оформления наряда-допуска на выполнение работ повышенной опасности. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности представлена в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А повышенная взрывопожаро-опасность	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа, и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожаро-опасность	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В4 пожаро-опасность	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б
Г умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии
<p>Примечания</p> <p>1 Методы определения категорий помещений А и Б устанавливаются в соответствии с приложением А.</p> <p>2 Отнесение помещения к категории В1, В2, В3 или В4 осуществляется в зависимости от количества и способа размещения пожарной нагрузки в указанном помещении и его объемно-планировочных характеристик, а также от пожароопасных свойств веществ и материалов, составляющих пожарную нагрузку. Разделение помещений на категории В1-В4 регламентируется положениями в соответствии с приложением Б.</p>	

На УКПГ наружное пожаротушение всех зданий и сооружений

осуществляется от кольцевой сети надземного водопровода диаметром 250 мм через незамерзающие пожарные гидранты, установленные также надземно.

Внутреннее пожаротушение, кроме автоматического, осуществляется из внутреннего противопожарного водовода, через установленные на нем краны, количество которых соответствует параметрам помещений.

При возникновении пожара, кроме централизованного отключения вентиляционных систем, предусмотрена их автоматическая блокировка, за исключением вентиляционных систем обслуживающих тамбур шлюзы, на канализационных сетях промстока установлены гидрозатворы.

Все здания предусмотрены третьей степени огнестойкости согласно СНиП 21-01-97. В зданиях с помещениями категории «А» предусмотрены наружные легко сбрасываемые конструкции, площадь которых составляет не менее 0,05 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема взрывоопасного помещения [21].

В производственных помещениях, в качестве средств пожаротушения применяются: вода, углекислый газ, порошок в соответствии с техническими требованиями и технико-экономическими обоснованиями.

#### **5.4 Экологическая безопасность**

Особое отрицательное воздействие на природные ресурсы и компоненты окружающей среды оказывают вредные факторы, представленные в таблице 5.5, где также описаны основные природоохранные мероприятия.

Таблица 5.5 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при эксплуатации систем подачи химических веществ

<b>Природные ресурсы и компоненты окружающей среды</b>	<b>Вредные воздействия</b>	<b>Природоохранные мероприятия</b>
Атмосферный воздух	Выбросы продуктов сгорания природного газа	Тщательный контроль за оборудованием
Вода и водный объект	Загрязнение промышленными	Подготовка промышленных стоков

	стоками	
	Загрязнение бытовыми стоками	Созданы очистные сооружения для бытовых стоков (канализационные устройства)
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы химическими веществами	Отправление отходов на полигон для их дальнейшей утилизации.
	Засорение почвы производственными и бытовыми отходами	Отходы производства направляются на переработку и обезвреживание.

#### **5.4.1 Мероприятия по охране атмосферного воздуха**

Атмосферный воздух в районе ГКМ загрязняется главным образом такими вредными веществами как окись углерода и окислы азота, содержащимися в продуктах сгорания природного газа, используемого для собственных нужд с целью получения тепловой и электрической энергии, энергии для работы газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций; для сжигания загрязненных промышленных стоков на горизонтальных факельных установках (ГФУ) [22].

Окись углерода и окислы азота выбрасываются в атмосферу также с продуктами сжигания природного газа при продувке шлейфов, обработке скважин.

Следующим по значимости источником загрязнения атмосферного воздуха являются выбросы автотранспорта, отработанные выхлопные газы которых содержат в своем составе окись углерода, окислы азота, УВ и другие вредные вещества.

В целях обеспечения содержания вредных веществ в приземном слое атмосферы в количествах, не превышающих их предельно-допустимую концентрацию в воздухе, по каждому стационарному источнику выбросов расчетным путем (с учетом рассеивания) определены максимальные величины предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Основные мероприятия, проводимые в ООО "Газпром добыча Ямбург" по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха включают и себя:

- контроль выхлопных газов автотранспорта на дымность, содержание окиси углерода с целью последующей регулировки двигателей для снижения концентрации вредных веществ в выбросах до нормативных величин;
- контроль дымовых газов котельных, технологических печей и других стационарных источников выбросов на содержание окиси углерода, окислов азота для установления оптимальных режимов сжигания природного газа и уменьшения концентрации указанных вредных веществ;
- утилизацию промстоков путем закачки их в поглощающие горизонты вместо сжигания с природным газом на ГФУ.

#### **5.4.2 Мероприятия по охране водных объектов**

К основным источникам загрязнения водоемов относятся неочищенные хозяйственно-бытовые стоки, промстоки, образующиеся при добыче и подготовке природного газа, содержащие метанол, диэтиленгликоль, нефтепродукты, компоненты пластовой воды, а также ливневые стоки, загрязненные вредными веществами, находящимися в атмосферном воздухе и почве.

В связи с ограниченной способностью водоемов Крайнего Севера к самоочищению, обусловленной низкими температурами и коротким летом, практически все хозяйственно-бытовые стоки в компании подвергаются биологической очистке до нормативных требований на канализационно-очистных сооружениях (КОСах). Промышленные стоки, содержащие значительные количества загрязняющих веществ, не поддающихся эффективной очистке, утилизируются закачкой в пласт, а в аварийных случаях сжигаются на горизонтальных факельных установках.

Эффективность очистки сточной воды на КОСах постоянно контролируется работниками технологической (ПХБЛ) и ведомственной

лаборатории охраны окружающей среды (НИЛ ООСиПС Управления НИПР).

Регулярному контролю подвергается вода Обской губы, являющейся источником питьевого водоснабжения объектов компании.

### **5.4.3 Мероприятия по охране литосферы**

Почвы в условиях Крайнего Севера способны в значительной степени аккумулировать загрязняющие вещества, что ведет к загрязнению поверхностных вод и представляет серьезную угрозу загрязнения природных водоемов. Так, например, углеводородные загрязнители (нефтепродукты) - стойкие химические соединения, способные длительное время сохраняться в различных природных средах. Восстановление растительного покрова (биоценоза) на нарушенных при обустройстве месторождений землях, естественным путем происходит длительное время - в течение 90-100 лет.

С целью предотвращения загрязнения почв компания осуществляет следующие мероприятия:

- планомерно проводит биологическую рекультивацию нарушенных земель посевом, специально разработанной для условий НГКМ, универсальной травосмеси;
- захоронение твердых бытовых отходов, утилизация строительных отходов производится на специальных полигонах; складирование металлолома на отдельно отведенных площадках;
- хранение горюче-смазочных материалов, метанола, диэтиленгликоля производится в емкостях, установленных на бетонированных площадках с надежной гидроизоляцией и обваловкой;
- передвижение по тундре тяжелой техники разрешается только в зимней период; ведомственной лабораторией предприятия (НИЛ ООСиПС) планомерно производится контроль экологического состояния территории промысла, промзоны, жилых поселков.

Комплекс мероприятий, направленных на обеспечение безопасности экологичности производственных процессов, применяемых в компании,

достаточно эффективен для надежной эксплуатации объектов УКПГ и грамотного проведения работ по предотвращению и ликвидации гидратов.

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

В Ямало-Ненецком автономном округе характерны следующие чрезвычайные ситуации:

- природного характера: паводковые наводнения, лесные и торфяные пожары, сильные морозы, метели и снежные заносы.
- техногенного характера: пожары, взрывы, отключение электроэнергии, аварии с выбросом (угрозой выброса) аварийно- химически опасных веществ.

На газовом промысле велика угроза выброса горючего природного газа вследствие неисправности применяемого оборудования, применения неправильных и опасных приемов работы, неудовлетворительной постановки обучения и инструктажа рабочих, не использования защитных средств и приспособлений по технике безопасности, что может привести к возгоранию и, впоследствии, к взрыву.

В связи с этим необходимо категорически запрещать курение в производственных помещениях и на территории УКПГ; производство огневых работ допускать только по специальному письменному разрешению; не разрешать проверять зажигание "на искру" во взрывоопасных помещениях; в случае выхода из строя постоянного взрывобезопасного освещения разрешать пользоваться только взрывобезопасными фонарями шахтного типа; ремонт электропроводки и смена ламп во взрывоопасных помещениях разрешать только при обесточенной линии; категорически запрещать определять утечки или наличие газа в помещении при помощи огня; при производстве работ во взрывоопасных помещениях запрещать применение ударных стальных слесарных и кузнечных инструментов; ударные инструменты должны быть изготовлены из цветных металлов (медь, латунь, бронза); запрещать хранение

в производственных помещениях промасленных обтирочных материалов, т.к. возможно их самовозгорание.

Этот комплекс мероприятий обеспечивает безопасное ведение процесса и защиту обслуживающего персонала.

Для ликвидации аварии следует точно определить место утечки, локализовать опасный участок, далее следовать плану ликвидации возможных аварий и пожаров, который разработан для каждого цеха.

Для предупреждения и предотвращения ЧС на предприятии действует отдел ГО и ЧС, который решает задачи выявления потенциальных источников ЧС на территории предприятия и риск их возникновения. На основе проведенного анализа с помощью специальных методик выявляются потенциально опасные производственные объекты и на основе этого прогнозируются последствия воздействия возможных ЧС на население и подведомственные территории. Отталкиваясь от полученных результатов, осуществляется выбор, обоснование и реализация направлений деятельности обеспечения защиты населения и территории предприятия. К ним относятся:

- осуществление комплекса профилактических мероприятий по предотвращению возникновения и снижению ущерба от ЧС;
- организация защиты населения и его жизнеобеспечения в ЧС;
- обеспечение устойчивости работы хозяйственных объектов в ЧС;
- организация аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах заражения.

## **5.6 Заключение по главе**

При производственных работах в нефтегазовой отрасли необходимо руководствоваться законодательными и нормативными актами Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, строительными нормами и правилами, государственными стандартами Российской Федерации, сводами правил, а также иными федеральными нормативными документами,

регулирующими деятельность в области производства инженерных изысканий.

Соблюдение техники безопасности труда при производстве в нефтегазовой отрасли, является неотъемлемой частью всего комплекса работ.

Следует отметить, что не соблюдение правил безопасности ведения работвлечет за собой негативные последствия для жизни и здоровья человека.

Каждая организация уделяет особое внимание на соблюдение этих норм и правил, а также социальную поддержку работников компании.

## Заключение

В выпускной квалификационной работе проанализированы гидраты природного газа, условия и механизмы их образования, а также анализ существующих методов предупреждения и борьбы с гидратообразованием, выявлены достоинства и недостатки каждого рассмотренного метода.

Произведен расчет основных параметров модели с помощью экспериментальной установки для улавливания твердых гидратов в газовом потоке трубопровода с применением эжектора. Было установлено, что режим течения во всех случаях является турбулентным. Доказано, что данная установка может с высокой эффективностью около 82% улавливать частицы гидратов. Также найдены зависимости, что степень очистки увеличивается с увеличением подаваемого давления и что с увеличением подаваемого давления коэффициент эжекции уменьшается за счет увеличения расхода активного потока, также с уменьшением диаметра сопла коэффициент эжекции увеличивается. Было найдено наилучшее значение степени очистки газа (89%) при использовании сопла диаметром 3,9 мм при значении общего расхода 69,4 кг/час, а также самое большое значение коэффициента эжекции (1,92) получено при использовании сопла диаметром 3,1 мм при подаваемом давлении 2 атм.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение произведено экономическое обоснование применения метанола в качестве ингибитора гидратообразования в сравнении с другими ингибиторами.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, а также проведен анализ потенциальных вредных производственных факторов.

Данные расчеты были опубликованы в статье «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИКЛОННЫХ АППАРАТАХ В ПРОЦЕССЕ УЛАВЛИВАНИЯ ЧАСТИЦ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ГАЗОГИДРАТОВ» и

представлены на конференции XXVII Международный молодёжный научный симпозиум имени академика М.А. Усова «ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР»

## Список литературы

1. Ведомости [Электронный ресурс]: доля нефтегазового сектора в ВВП России достигла рекорда в 2022 году / АО «Бизнес Ньюс Медиа», 1999-2022. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/12/10/954650-minfin-dopustil-snizhenie-nalogovoi-nagruzki> (дата обращения: 28.05.2023).
2. Осложнения в нефтедобыче / Н.Г. Ибрагимов, А.Р. Хафизов и др.; Под ред. Н.Г. Ибрагимова, Е.И. Ишемгужина. – Уфа: ООО «Издательство научно-технической литературы “Монография”», 2003. – 302 с.
3. Л.М. Гухман Подготовка газа северных месторождений к дальнему транспорту - Л.: Недра, 1980. – 161с.
4. Кэрролл Дж. Гидраты природного газа: справ. пособие / Пер. с англ. - М.:Премииум Инжиниринг, 2007. – 289 с.
5. Чухарева Н.В. Определение условий гидратообразования при транспорте природного газа в заданных технологических условиях эксплуатации промысловых трубопроводов: Методические указания / - Издательство НИ ТПУ, 2010. – 30 с.
6. Макогон Ю.Ф. газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. – М.: Недра, 1985, 232 с.
7. Бешенцева С.А. Анализ методов предупреждения гидратообразования в трубопроводах // Вестник кибернетики. 2012. № 11.
8. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газогидратных отложений в системах добычи газа и нефти. – М., ВНИИЭГазпром, 1990, 214 с.
9. Жумаев К.К. Влияние гидратообразования на пропускную способность газопровода / К.К. Жумаев, Мехриддин Саидов – Текст: непосредственный // Молодой учёный. – 2016. - № 2 (106). – С. 150 – 151.
10. Прахова, М. Ю. Методы и средства предотвращения гидратообразования на объектах газодобычи / М.Ю. Прахова, А.Н. Краснов, Е.А.Хорошавина, Э.А. Шаловников // Нефтегазовое дело. – 2016. - №1. – С. 101-118.

11. Методы и средства предотвращения гидратообразования на объектах газодобычи / М. Ю. Прахова, А. Н. Краснов, Е. А. Хорошавина, Э. А. Шаловников // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн./ УГНТУ. 2016. №1. С.101-118. URL: [http://ogbus.ru/issues/1\\_2016/ogbus\\_1\\_2016\\_p101-118\\_prakhovam\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/issues/1_2016/ogbus_1_2016_p101-118_prakhovam_ru.pdf) (дата обращения: 28.05.2023).
12. Подготовка нефти и газа к транспортировке: учебное пособие для СПО / Закожурников Ю.А. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 176 с.
13. П.В. Волков, Исследование и комплексное применение гидроаэромеханических методов для предотвращения гидратообразования при подготовке газа// Проблемы геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018 г., С 100 – 102 с.
14. ГОСТ 12.0.003-15 «Опасные и вредные производственные факторы».Классификация;
15. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
16. ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования.
17. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
18. ГОСТ 12.1.009-2017 Система стандартов безопасности труда «Электробезопасность». Термины и определения.
19. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
20. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов». Общие требования. Методы контроля.
21. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

22. ОСТ 51.140-86 Отраслевой стандарт СССР «Организация и проведение контроля воздуха рабочей зоны на объектах газовой промышленности». Общие требования безопасности.