

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 210301 «Нефтегазовое дело» профиль
 «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов
 переработки»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки

УДК 622.691.4:622.179.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б11	Майнаков А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Салтымаков М.С.	к.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Белозерцева О.В.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гуляев М.В.	доцент		16.04.2016г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		09.06.2016г.

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 210301 «Нефтегазовое дело» профиль
«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов
переработки»
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

_____ Рудаченко А.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б11	Майнакову Айасу Владимировичу

Тема работы:

Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2402/с от 29.03.2016г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2016г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Характеристика объекта исследования; Методики определения влажности газа; Методики определения параметров гидратообразования; Обзор методов предупреждения гидратообразования и борьбы с гидратами.
---------------------------------	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>Введение Характеристика и задачи [REDACTED] ЛПУМГ Гидраты Влагосодержание природного газа Методы ручных вычислений параметров гидратообразования Расчетная часть Предупреждение и борьба с гидратами Социальная ответственность Охрана окружающей среды Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Заключение Литература Приложения</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Белозерцева Ольга Викторовна
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович

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

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>29.03.2016г.</p>
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Салтымаков Максим Сергеевич	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б11	Майнаков Айас Владимирович		

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	12
РЕФЕРАТ.....	13
ВВЕДЕНИЕ.....	14
1. ХАРАКТЕРИСТИКА И ЗАДАЧИ АЛТАЙСКОГО ЛПУМГ.....	16
2. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	20
2.1 Гидраты.....	20
2.1.1 Гидраты в природном газе.....	20
2.1.2 Условия образования гидратов.....	23
2.1.3 Типы гидратов и гидратообразующие вещества.....	26
2.1.4 Физические свойства гидратов.....	31
2.2 Влагосодержание природного газа.....	36
2.3 Методы ручных вычислений параметров гидратообразования.....	45
2.3.1 Метод расчета по плотности газа.....	46
2.3.2 Метод расчета по коэффициенту К.....	47
2.3.3 Метод Бейли – Уичерта.....	50
2.3.4 Точность расчета методов.....	54
3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	56
3.1 Данные для вычислений.....	56
3.2 Определение влажности реального газа.....	56
3.2.1 Определение влажности газа по номограмме Маккетты – Уэхе.....	56
3.2.2 Определение влажности газа методом Букачека.....	58
3.2.3 Определение влажности газа методом Нинь с соавторами.....	59
3.2.4 Определение влажности газа по ГОСТ 20060-83.....	60
3.3 Определение точки росы природного газа различными методами.....	65
3.4 Методы ручных вычислений условий гидратообразования.....	67
3.4.1 Исследование условий гидратообразования методом расчета по плотности газа.....	67
3.4.2 Исследование условий гидратообразования методом расчета по коэффициенту К.....	68
3.4.3 Исследование условий гидратообразования по методу Бейли – Уичерта.....	73
3.5 Исследование зависимости температуры и давления начала гидратообразования от изменения компонентного состава газа.....	75

					<i>Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Майнаков А.В.</i>			Содержание	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Салтымаков МС.</i>					9	
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Рудаченко</i>				ТПУ гр. 3-2Б11		

3.5.1	Исследование зависимости температуры и давления начала гидратообразования от изменения компонентного состава газа по методу расчета по плотности газа.....	77
3.5.2	Исследование зависимости температуры и давления начала гидратообразования от изменения компонентного состава газа по методу расчета по коэффициенту К.....	77
3.5.3	Исследование зависимости температуры и давления начала гидратообразования от изменения компонентного состава газа по методу Бейли – Уичерта.....	82
3.6	Исследование зависимости температуры начала гидратообразования от изменения давления газа.....	85
3.7	Исследование зависимости давления начала гидратообразования от изменения температуры газа.....	87
3.8	Исследование зависимости пропускной способности трубопровода от наличия гидратообразований.....	91
4.	ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И БОРЬБА С ГИДРАТООБРАЗОВАНИЕМ.....	94
4.1	Осушка природного газа.....	94
4.1.1	Осушка газа гликолем.....	95
4.1.2	Молекулярные сита.....	98
4.1.3	Осушка газа охлаждением.....	99
4.2	Метод подогрева.....	101
4.3	Метод снижения давления.....	102
4.4	Расплавление гидратной пробки нагревом.....	103
4.5	Предупреждение гидратообразования с помощью химреагентов.....	105
4.5.1	Понижение температуры замерзания.....	106
4.5.1.1	Уравнение Хаммершмидта.....	108
4.5.1.2	Уравнение Нильсена – Баклина.....	109
4.5.2	Соляные растворы.....	110
4.5.3	Испарение ингибитора.....	111
4.6	Кинетические ингибиторы.....	113
5.	РАСЧЕТЫ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ГИДРАТООБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ХИМРЕАГЕНТОВ.....	114
5.1	Расчет концентрации ингибитора с помощью уравнения Хаммершмидта.....	114
5.2	Расчет концентрации ингибитора при помощи диаграммы.....	115
5.3	Расчет концентрации ингибитора с помощью уравнения Нильсена – Баклина.....	115
6.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	120
6.1	Производственная безопасность.....	121
6.1.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	122
6.1.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	125
6.2	Экологическая безопасность.....	132
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	134

					Содержание	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	134
7. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	136
8. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	143
8.1 Расчет себестоимости сбора и подготовки природного газа.....	144
8.2 Расчет себестоимости продукции и ликвидации гидратообразования при закачке метанола в скважину.....	146
9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	149
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	151
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	155

					Содержание	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РЕФЕРАТ

Выпускной квалификационной работы 168 страниц, 73 рисунка, 57 таблиц.

Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки

Объектом исследования являются реальный природный газ, транспортируемый в границах [REDACTED] ЛПУМГ, смоделированные термобарические условия транспорта газа, компонентного состава и влажности газа.

Цель работы: изучить и исследовать различные методики расчетов термобарических условий транспорта газа, смоделировать разные составы газа и произвести расчеты на основании изученных методик. Рассчитать зависимость влагосодержание природного газа от температуры и давления газа. Исследовать влияние гидратов газа на пропускную способность газопровода. Выбрать метод борьбы с гидратными отложениями и обосновать свой выбор.

Степень внедрения: рекомендуется для предварительных расчетов инженерно техническими работниками при проектировании и транспорте газа.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft OfficeWord, а также с использованием MSOfficeExeli представлена на компакт диске.

					<i>Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Реферат	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Майнаков А.В.						
<i>Руковод.</i>		Салтымаков МС.					13	
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав. Каф.</i>		Рудаченко						
						ТПУ гр.3-2Б11		

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам данной работы можно сделать выводы, что:

1. Действительно гидратообразование зависит от трех условий: наличие гидратообразующего компонента, наличие воды, наличие определенных термобарических условий.

2. Все методы, изученные в этой работе, позволяют определить содержание влаги в газе с достаточной точностью (в пределах 13% между различными методами). Разбаланс в полученных данных обусловлен точностью работы с номограммами, точностью линейной интерполяции и ограничениями, заложенными в каждый из приведенных методов анализа.

3. Изучив различные методы определения влажности газа, привели к заключению, что с увеличением температуры газа приводит к увеличению влажности газа, а увеличение давления газа приводит к уменьшению влажности газа.

4. Зависимость влажности газа от изменения температуры и давления газа является нелинейной и это следует учитывать при регулировании влажности газа этими параметрами.

5. Методы определения начала гидратообразования дают хорошую сходимость результатов.

6. Изучена, рассчитана и доказана зависимость условий гидратообразования от температуры, давления и компонентного состава газа. Причем чем выше температура и ниже давление газа, тем вероятность гидратообразования ниже и наоборот, чем ниже температура и выше давление газа, тем вероятность гидратообразования выше. А также с увеличением плотности газа (при условии, что тяжелые компоненты являются гидратообразующими) уменьшается давление гидратообразования и увеличивается температура гидратообразования.

7. Проведены исследования зависимости пропускной способности трубопровода от наличия гидратообразований. Наличие гидратообразования на внутренней поверхности газового оборудования, приводит к уменьшению пропускной способности трубопровода.

8. Проанализировав методы предупреждения и борьбы с гидратами (выбрав для борьбы с гидратами ингибирующие вещества) доказано, что с экономической точки зрения метанол является более приемлемым веществом для борьбы как с уже образовавшимся гидратом, так и для предупреждения гидратообразования.

					<i>Исследование гидратообразования в зависимости от свойств природного газа и условий его транспортировки</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Майнаков А.В.</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Салтымаков МС.</i>					149	
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б11		
<i>Зав. Каф.</i>		<i>Рудаченко</i>						

Помимо выше перечисленного можно сообщить, что при работе с природными газами весьма важен контроль над образованием гидратов. Эти вещества могут заблокировать трубопровод, запорную и регулирующую арматуру, вывести из строя контрольно-измерительные приборы. Гидраты образуются если температура газа, ниже температуры точки росы. В тех местах, где происходит редуцирование давления, температура из-за эффекта Джоуля-Томсона понижается. Таким образом, для того чтобы избежать образования гидратов, необходимо контролировать температуру точки росы, и влажность газа.

При перекачке газа существуют также режимы, когда вода скапливается в неровностях в нижней части трубопровода. При наличии в газе сероводорода и углекислого газа образуются соответствующие кислоты, которые приводят к возникновению сильной питтинговой коррозии. Если влажный газ содержит одновременно сероводород и диоксид углерода, ее скорость может достигать 30мм в год. Один из компонентов этого процесса – вода - всегда присутствует в перекачиваемом газе. Следовательно, контроль над содержанием воды необходим и для предотвращения аварийности, связанной с коррозией.

По упомянутым выше причинам, перекачиваемый газ должен быть предварительно осушен. Среди многочисленных способов осушки наибольшее распространение получило использование этиленгликолей в качестве поглотителей воды. Подобные установки можно встретить в местах добычи газа и на подземных хранилищах. Процесс этот энергоемкий. Осушка газа ниже требуемого уровня крайне невыгодна. Существует проблема и с уносом части гликоля с потоком газа. Поэтому на выходе из установки осушки очень важно иметь надежный анализатор влажности, способный отличать воду от гликоля.

Кроме того, не последнюю роль влажность имеет при осуществлении коммерческих взаиморасчетов. Грамотный потребитель не хочет платить за воду ту же цену, что и за газ. При этом и продавец, и покупатель должны быть уверены в точности измерения, как расхода газа, так и содержания в нем воды.

При всем притом, что задача определения влажности и гидратообразования в природных газах с трудом поддается решению, современный инженер должен понимать процессы, происходящие в полости газового оборудования, уметь рассчитать и спрогнозировать возможные осложнения при транспорте газа для принятия грамотных решений которые предотвратят их и повысят экономическую эффективность производства.

					<i>Заключение</i>	<i>Лист</i>
						150
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		