

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

---

Институт природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «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
«Влияние гидратообразований на пропускную способность газопроводов»

УДК 622.279.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б14	Ульяничев М.С.		

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		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Оглавление

<b>Введение</b>	16
<b>Обзор литературы</b>	18
<b>1. Механизм появления гидратообразований в системах добычи, подготовки и транспорта газа</b>	19
1.1 Структура гидратов, условия их образования	19
1.2 Механизм и скорость образования газовых гидратов, типы их кристаллизации	23
<b>2. Расчетная часть</b>	29
2.1 Расчет необходимого расхода ингибитора для предотвращения гидратообразования при различных условиях движения газа по газопроводу	29
2.2 Расчет длины возможной гидратной пробки в случае сбоя подачи ингибитора гидратообразования в газопровод	34
2.3 Расчет потерь напора на трение в газопроводе в результате загидрачивания внутренней поверхности трубопровода	36
<b>3. Подготовка газа к транспорту по магистральному газопроводу</b>	48
3.1 Очистка газа от механических примесей	48
3.2 Осушка газа	53
3.2.1 Осушка газа твердыми поглотителями	58
3.2.2 Осушка газа жидкими поглотителями	60
3.2.3 Низкотемпературная сепарация	63
<b>4. Борьба с гидратообразованием и закупоркой газопроводов</b>	65
4.1 Определение зон гидратообразования	66
4.2 Предупреждение образования гидратных пробок	67
4.2.1 Подогрев газа	68
4.2.2 Методы снижения давления	69
4.2.3 Ингибиторы газовых гидратов	71
4.2.3.1 Ингибиторы гидратообразования, применяемые в газовой промышленности России	73
4.2.3.2 Термодинамические ингибиторы и особенности их технологического применения	75
4.2.3.3 Использование метанола в качестве ингибитора гидратообразования	77
4.2.3.4 Заливка метанола в газопровод	79
4.2.3.5 Прогноз потребления метанола в газовой промышленности Российской Федерации на перспективу до 2030 года	83
4.2.4 Очистка внутренней поверхности магистрального газопровода	85

					<i>Влияние гидратообразований на пропускную способность газопроводов Влияние</i>		
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата	<b>Оглавление</b>		
Разраб.		Ульяничев			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Салтымаков				14	123
Консульт.					<b>ТПУ ИПР гр. 3-2Б14.</b>		
Зав.Каф.		Рудаченко А.В					

4.2.4.1 Эксплуатационная продувка газопровода	85
4.2.4.2 Очистка полости от твердых и жидких примесей пропуском очистных устройств	89
<b>5. Социальная ответственность</b>	<b>94</b>
5.1 Производственная и экологическая безопасность при работе с метанолом на объектах газовой промышленности	94
5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	96
5.1.1.1 Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны	96
5.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	97
5.1.3 Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	98
5.1.4 Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися	99
5.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	99
5.2.1 Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)	100
5.2.2 Оборудование и трубопроводы, работающие под Давлением	100
5.2.3 Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте	101
5.2.4 Умеренно опасные вредные вещества 3 класса опасности (метанол)	102
5.3 Оценка массы газовых огнетушащих веществ (ГОТВ) для ликвидации пожара на крановом узле	103
5.4 Экологическая безопасность	104
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	106
5.5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	107
<b>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	<b>109</b>
6.1 Расчет затрат для предотвращения гидратообразования	109
6.2 График финансирования	114
6.3 Экономическая эффективность обеспечения отдаленных районов метанолом для предотвращения гидратообразования	115
<b>Заключение</b>	<b>119</b>
<b>Список литературы</b>	<b>120</b>

## Введение

Образование газовых гидратов возможно как в системе добычи газа, а именно в призабойной зоне, в стволе скважин, во внутрипромысловых коллекторах и шлейфах, в системе промысловой и заводской подготовки газа, так и непосредственно в самой системе магистральных газопроводов. Процесс образования гидратов отрицательно влияет на работу вышеозначенных систем

По причине гидратообразования затрудняется транспортировка газа по газопроводам большой протяженности, в частности на участках где скорость потока среды высокая. Также гидраты способны закупоривать полностью или частично сечение трубы, а это, в свою очередь, снижает пропускную способность газопровода и способствует возникновению зон высокого давления.

Вследствие продавливания гидратных пробок возможно возникновение на газораспределительных станциях газодинамических ударов ведущих к повреждению трубопроводов.

В связи с тем, что гидратообразование приводит к значительным осложнениям в ходе эксплуатации магистральных газопроводов и газовых месторождений, а также возникновению крупных аварий, вопросы предотвращения данных осложнений при относительно небольших затратах в настоящее время являются одним из актуальных научно-технических и производственных вопросов.

Согласно поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- исследовать структуру и причины появления гидратообразований на основе учебных пособий и периодических изданий научной литературы;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Влияние гидратообразований на пропускную способность газопроводов			
Разраб.		Ульяничев			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Салтымаков					16	123
Консульт.								
Зав. Каф.		Рудаченко А.В						
						ТПУ ИПР гр. 3-2Б14		

- рассмотреть современные технологии подготовки природного газа для обеспечения безгидратной эксплуатации МГ;
- рассмотреть технологии удаления гидратных пробок в процессе эксплуатации МГ;
- произвести расчет необходимого расхода ингибитора для предотвращения гидратообразования при различных условиях движения газа по газопроводу, расчет длины возможной гидратной пробки в случае сбоя подачи ингибитора гидратообразования в газопровод, расчет потерь напора на трение в газопроводе в результате загидрачивания внутренней поверхности трубопровода.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
						17
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы был рассмотрен и изучен процесс формирования гидратов в системах добычи, подготовки и транспорта газа. Также были освещены вопросы по технологии подготовки природного газа позволяющие обеспечить безгидратную эксплуатацию магистральных газопроводов. Рассмотрен вопрос удаления гидратных пробок.

К способам предупреждения образования гидратов отнесены следующие:

-сохранение температуры газа в трубопроводе выше температуры гидратообразования при помощи подогрева, применения теплоизоляции трубы, выбора эксплуатационного режима с обеспечением максимальной температуры газового потока.

-снижение температуры возникновения точки росы газа

-снижением давления при транспорте газа;

-нейтрализацией воды, выпадающей в жидком виде;

-осушка газа – очисткой газа от паров воды (адсорбция, абсорбция).

Из способов борьбы с гидратообразованием рассмотрены следующие:  
использование ингибиторов:

-понижение давления, что приводит к разложению гидрата;

-подогрев газа и подогрев в месте образования гидратных пробок;

-очистка полости от твердых и жидких примесей.

В расчетной части произведен расчет количества ингибитора для предотвращения гидратообразования при различных условиях движения газа по газопроводу, расчет длины возможной гидратной пробки в случае сбоя подачи ингибитора, расчет потерь напора на трение в газопроводе в результате загидрачивания внутренней поверхности трубопровода.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					<b>Влияние гидратообразований на пропускную способность газопроводов</b>			
Разраб.		Ульяничев			<b>Заключение</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Салтымаков					119	123
Консульт.						ТПУ ИПР зр. 3-2Б14		
Зав. Каф.		Рудаченко А.В						